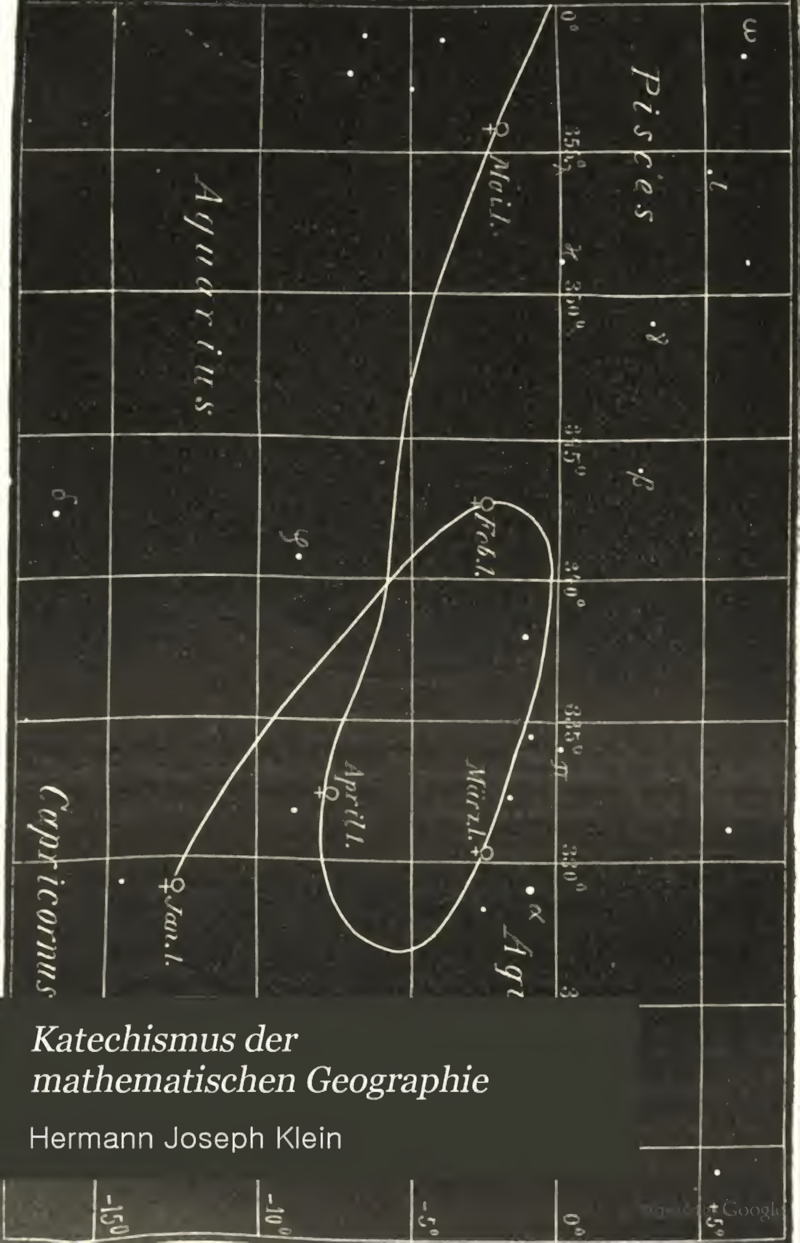


Katechismus der mathematischen Geographie

Hermann Joseph Klein

E. Engler

Bei der Bearbeitung der „Astronomischen Bilder“ hat der Verfasser einige Punkte besonders ins Auge gefaßt, welche andere populäre Schriften über die Astronomie unberücksichtigt ließen, sodaß dieser erneute Versuch, die Resultate astronomischer Forschung dem gebildeten Publikum zugänglich zu machen, schon hierdurch gerechtfertigt erscheinen darf. Die „Astronomischen Bilder“ sind dabei jedoch nicht als einzelne abgerissene Stücke aus der Astronomie anzusehen; der Verfasser hat vielmehr danach gestrebt, sie zu einem die gesamte Wissenschaft umfassenden Cyklus an einander zu reihen. Das Werk ist reich mit Abbildungen versehen, die das Verständnis der interessanten Materie wesentlich unterstützen.

Katechismus

der

Mathematischen Geographie.

Katechismus

der

Mathematischen Geographie.

Zweite Auflage,

umgearbeitet und verbessert

von

Dr. Hermann J. Klein.

Mit 114 in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber

1894.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Auf Wunsch des Herrn Verlegers habe ich die Neubearbeitung dieses Werkchens übernommen. Plan und Tendenz desselben sind dabei im allgemeinen unverändert beibehalten worden. Ich habe aber überall, wo erforderlich, die neuen Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung, soweit sie in den Rahmen dieses Buches fallen, sorgsam berücksichtigt und ebenso in der Form der Darstellung vieles verändert. Besonders in letzterer Beziehung glaube ich diese neue Auflage als eine verbesserte bezeichnen zu dürfen.

Dr. Hermann J. Klein.

Inhaltsverzeichnis.

Katechismus

der

Mathematischen Geographie.

Erster Abschnitt.

Vorbereitende Bemerkungen.

Wie unterscheiden sich mathematische, physische und politische Geographie?

Die mathematische Geographie betrachtet die Erde als Weltkörper und behandelt die hiermit in Verbindung stehenden Zustände und Vorgänge auf derselben sowohl an sich, als auch in ihrer Beziehung auf die Erscheinungen der übrigen Himmelskörper. Die physische Geographie erfaßt die Erde als einen für sich bestehenden Organismus, und behandelt die Erscheinungen, welche durch das Wirken der Naturkräfte an der Oberfläche der Erde hervortreten. Die politische Geographie erachtet die Erde als den Grund und Boden, auf welchem die Völker und Staaten zu intellektueller und moralischer Entwickelung, zu geistiger Vervollkommnung, ihr Dasein haben.

Welche Zustände und Vorgänge auf der Erde kommen bei der mathematischen Geographie in Betracht?

Die mathematische Geographie hat zu erörtern: Gestalt, Größe und Masse der Erde, sowie die verschiedenen Bewegungen derselben als: Umlauf um die Sonne, Umdrehung um ihre Achse, Präzession und Nutation; ferner hat sie anzuführen: alle diejenigen Erscheinungen der Himmelskörper,

welche mit Zuständen und Vorgängen der Erde in Verbindung stehen, von denselben verursacht oder beeinflußt werden, endlich hat sie die Mittel zu erwähnen, welche teils zur Erforschung der Gegenstände der mathematischen Geographie dienen, teils das Verständnis dieser Forschungen erleichtern.

Bei Besprechung der Gegenstände der mathematischen Geographie werden nicht selten Benennungen in Anwendung gebracht, welche in anderen Wissenschaftszweigen gebräuchlich sind, vornehmlich kommen hierbei Anschauungen und Begriffe aus der Geometrie und der Physik in Betracht.

Welche geometrischen Anschauungen, Benennungen und Begriffe kommen in der mathematischen Geographie in Anwendung?

Unter Hinweisung auf den „Katechismus der Geometrie" und den „Katechismus der Raumberechnung" möge hier ein Überblick über die geometrischen Gebilde: Linien, Winkel, Flächen und Körper, nebst Andeutungen von darauf bezüglichen Berechnungen, genügen.

Mehrere gerade Linien sind entweder parallel (gleichlaufend), oder konvergent (sich einander nähernd), oder divergent (sich von einander entfernend).

Von den krummen Linien sind zu erwähnen: der Kreis (Fig. 1) und die Ellipse (Fig. 2).

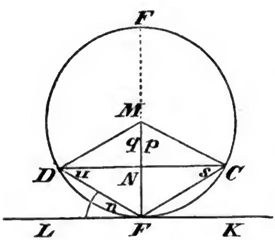


Fig. 1.

Gerade Linien in Verbindung mit dem Kreise (Fig. 1) sind: der Halbmesser (Radius) MC, MD, ME, MF, der Durchmesser (Diameter) EF, die Sehne (Korda) CD, DE, CE, die Berührungslinie (Tangente) KL. Die Sehne zu beiden Seiten verlängert ergiebt die Schnittlinie (Sekante).

Zu jeder Sehne gehört ein Bogen (Arcus) auf jeder Seite derselben, zu CD gehören der Bogen CED und der Bogen CFD. — Jeder Bogen ist ein Teil des Umkreises (der Peripherie); derselbe kann auch dem Halbkreis, Viertelkreis (Quadrant), Sechstelkreis (Sextant), Achtelkreis (Oktant) zugehören.

„Zentriwinkel“ sind: p und q, „Peripheriewinkel“: s und u. Die sämtlichen Winkel um M herum sind gleich 4 rechten Winkeln oder gleich 360°. Winkel n wird von Tangente und Sehne gebildet.

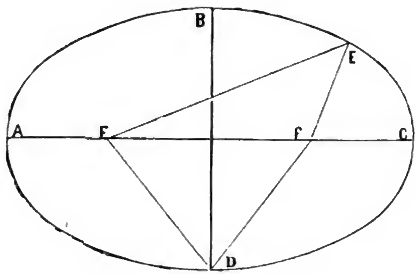


Fig. 2.

Gerade Linien in Verbindung mit der Ellipse (Fig. 2) sind: die große Achse (Apsidenlinie) AC, die kleine Achse BD, die Exzentrizität, d. h. die Entfernung vom Mittelpunkte bis zu einem der beiden Brennpunkte F, f; der Leitstrahl (Radius vector), d. h. jede Gerade aus einem Brennpunkte bis zu dem Umfange der Ellipse, z. B. FE, FD. — An den Umfang der Ellipse können auch Tangenten und durch denselben Sekanten gelegt werden.

Die Ellipse ist in ihrer Gestalt um so näher der Kreisform, je kleiner die Exzentrizität oder der Abstand Ff im Verhältnis zu der großen Achse AC ist; sie erscheint aber sehr langgestreckt, wenn die Brennpunkte sehr weit von dem Mittelpunkt entfernt sind.

Wie bestimmt man die Winkelgrößen?

Die Winkelgrößen werden durch Bögen bestimmt, welche zwischen zwei Radien liegen (Fig. 3). Der Bogen $B_0 B_1$ bestimmt den Winkel $B_0 A B_1$, der Bogen $B_0 B_1 B_2$ den Winkel $B_0 A B_2$. Es ist dabei in allen Fällen das Verhältnis der Größe des Bogens zu der Größe der ganzen Peripherie maßgebend, nicht aber die lineare Größe des Kreises oder des Bogens an sich. Der Umkreis wird in 360 gleiche Bögen geteilt, und ein solcher Teil heißt „Grad", und ihm gegenüber steht am Zentrum des Kreises ein „Winkel von 1 Grad". Wenn man einen sehr großen Kreis bildet, so kann man den Bogen von 1 Grad in 60 gleiche Teile, in Minuten, und den Bogen von 1 Minute wieder in 60 gleiche Teile, in Sekunden, zerlegen, und dadurch Winkel am Zentrum des Kreises von Minuten und Sekunden bilden.

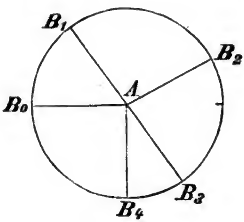


Fig. 3.

Einen Winkel von 90 Grad, $B_1 A B_2$, nennt man rechten Winkel, einen Winkel von 180 Grad, $B_1 A B_3$, einen gestreckten (geraden) Winkel. Jeder Winkel, welcher kleiner als 90 Grad ist ($B_0 A B_1$) heißt spitzer Winkel, jeder, der größer als 90 Grad und kleiner als 180 Grad ($B_0 A B_2$), stumpfer Winkel.

Natürlich braucht man einem Winkel nicht den entsprechenden Bogen beizuzeichnen. So sind: rechte Winkel Fig. 4: KNQ und TNQ, ein spitzer Winkel ist Fig. 5: EDF, ein stumpfer Winkel CDF.

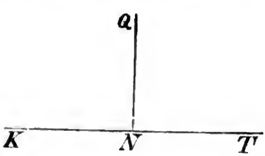


Fig. 4.

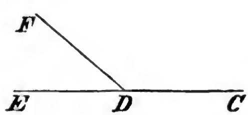


Fig. 5.

Welche Flächen sind in Erwägung zu nehmen?

Die Flächen sind Ebenen und krumme Flächen. Wir betrachten zunächst die Ebenen und in diesen die Figuren. Letztere haben geradlinige, krummlinige oder gemischtlinige Begrenzung.

Geradlinige Figuren sind:

Das Dreieck, Fig. 6, als rechtwinkeliges CNP und DNP, stumpfwinkeliges KCP, spitzwinkeliges CDP. —

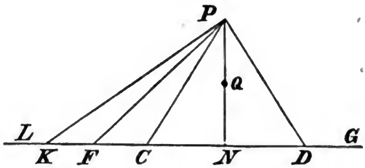


Fig. 6.

In allen diesen Dreiecken KFP 2c. ist die Linie Q oder PN die Senkrechte auf die Grundlinie (Basis) oder deren Verlängerung LG, und sie bildet daher die Höhe eines jeden dieser Dreiecke.

Das Quadrat BACD, Fig. 7, mit der Diagonale BC oder d.

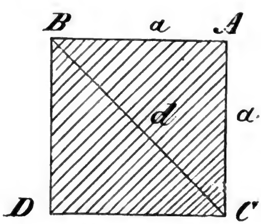


Fig. 7.

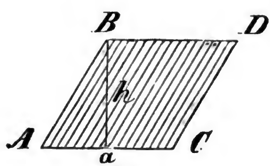


Fig. 8.

Die Raute (Rhombus) BDCA, Fig. 8, mit der Höhenlinie h, auf der Basis a.

Das Rechteck ABCD, Fig. 9, mit der Diagonale AC oder d.

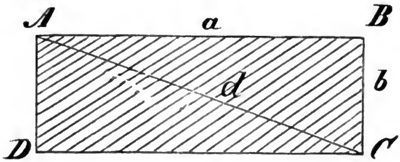


Fig. 9.

Das Rhomboid BDCA, Fig. 10, mit Höhenlinie h, und Basis a.

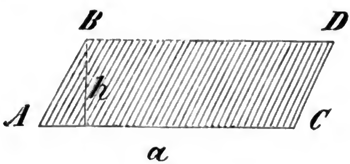


Fig. 10.

Alle vierseitigen Figuren, welche je zwei parallele Seiten haben, heißen „Parallelogramme"; haben dieselben nur zwei Seiten parallel, so nennt man dieselben „Trapeze", Fig. 11, ABDC mit der größeren (a) und der kleineren (b) Parallele, und mit der Höhenlinie h.

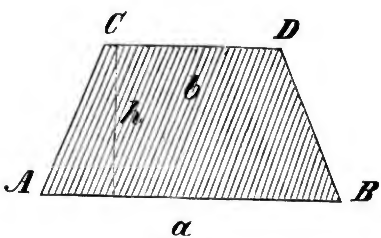


Fig. 11.

Krummlinige Figuren sind: die Kreisfläche, die Ellipsenfläche und der Kreisring (Fig. 12, der schattierte Teil. Das Zentrum beider Kreise ist C, der Radius des größeren ist E, des kleineren D).

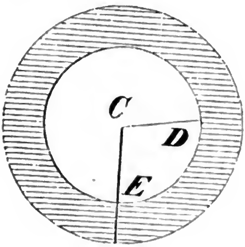


Fig. 12.

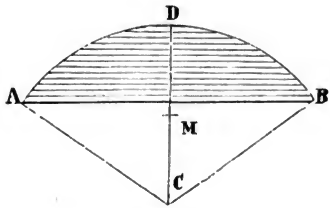


Fig. 13.

Gemischtlinige Figuren sind: der Halbkreis, Quadrant, Sextant, Oktant, der Kreisabschnitt (Segment), Fig. 13 ABD, der Kreisausschnitt (Sektor), Fig. 14 ADC (diese Figur enthält noch einen Kreisausschnitt FDB, und auch einen Kreisabschnitt EGFH, worin HG die Höhe desselben ist); der Ellipsenausschnitt, Fig. 15 PSA und CSW. — Das Dreieck ABC (M) ergänzt den Kreisabschnitt zu Kreisausschnitt in Fig. 13.

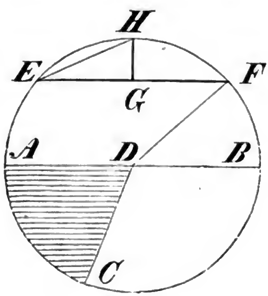


Fig. 14.

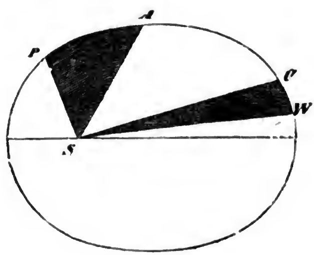


Fig. 15.

Welche geometrischen Körper kommen bei der mathematischen Geographie in Betracht?

Von den geometrischen Körperformen sind vornehmlich anzuführen:

der Würfel (Kubus) Fig. 16, a b c;

der Cylinder Fig. 17, mit parallelen, gleichen Grundkreisen;

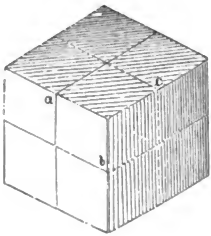


Fig. 16.

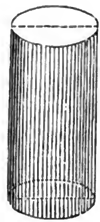


Fig. 17.

der Kegel (Konus) Fig. 18, U P_1 V C O;

der gerade abgekürzte Kegel Fig. 19: der schattierte Teil. (Derselbe entsteht, indem man, wie in Fig. 18 dargestellt ist, eine Ebene parallel zu der Grundfläche durch den Kegel legt, E E_1 oder U_1 P V_1 C_1 ∥ F.);

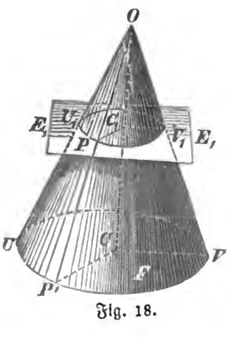


Fig. 18.

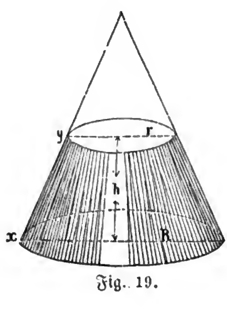


Fig. 19.

die Kugel Fig. 20 mit Kugelabschnitt ABC und Kugelscheibe DEFG, Kugelhaube und Kugelzone.

Bei dem geraden Cylinder bildet die krumme Seitenfläche, der Cylindermantel, stets ein Rechteck, dessen Grundlinie der Umkreis, dessen Höhe die Höhe des Cylinders ist.

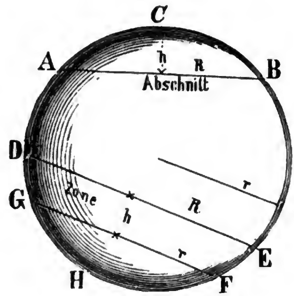


Fig. 20.

Bei dem geraden Kegel bildet die krumme Seitenfläche, der Kegelmantel, einen Kreisausschnitt, worin der Bogen dem Umfange des Grundkreises gleich ist.

Bei dem gerade abgekürzten Kegel bildet der Mantel, Fig. 19 xy, einen Teil von einem Kreisring, worin der äußere Kreis dem größeren, der innere dem kleineren der beiden Kreisflächen des Stutzes entspricht.

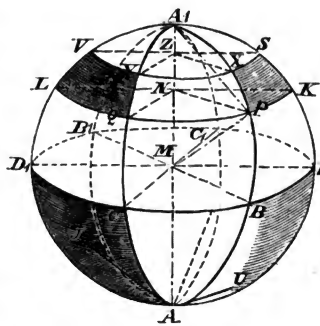


Fig. 21.

Bei der Kugel (Fig. 21) sind zu erwähnen: der Radius MD, der Durchmesser D_1 D, die Achse A A_1, der Äquator D B_1 D_1 B, als größter Kreis, und als ebenfalls größte Kreise: die Meridiane A_1 B A, A_1 D A ꝛc.; die Parallelkreise: LQK, VXS; die Zone D C D_1 C_1 K P Q L; die Haube (Kalotte) V Y X S A_1; das sphärische Zweieck A_1 Q A B X A_1. Der Kugelabschnitt wird

von Kalotte und daranliegender Kreisebene, die Kugelscheibe von Zone (Gürtel) und daranliegenden Kreisebenen begrenzt. Die Kreise um N und um Z und die Zone KLVS begrenzen eine Scheibe.

Jede durch die Kugel gelegte Ebene bildet auf der Kugeloberfläche einen Kreis; geht diese Ebene durch das Zentrum der Kugel, so entsteht ein größter Kreis. Alle größten Kreise halbieren einander und der Kugelmittelpunkt ist ihr gemeinschaftlicher Mittelpunkt. Je weiter die Schnittebenen vom Kugelzentrum entfernt sind, desto kleiner sind ihre Kreise auf der Kugeloberfläche. Hat diese Ebene nur einen Punkt mit der Kugeloberfläche gemeinschaftlich, so heißt dieselbe: Berührungsebene, Tangentialebene. Berührungslinien sind durch AJ und AU dargestellt.

An den Linien wird die Länge, an den Flächen der Quadratinhalt, an den Körpern der kubische Inhalt nach bestimmten Formeln berechnet.

Welche Berechnungen kommen bei der mathematischen Geographie in Anwendung?

Eine ausführliche Darstellung aller in der mathematischen Geographie vorkommenden Formeln kann hier natürlich nicht gegeben werden, doch sollen einige der wichtigsten und am häufigsten vorkommenden Platz finden. Es bezeichne im Allgemeinen: g die Grundlinie, h die Höhe, r den Radius (in Kreis oder Kugel), w den Winkel am Zentrum (des Kreises oder der Kugel) in Graden, π die Zahl 3.142; ferner, bei dem Trapez: G die größere, g die kleinere Parallele; bei dem geraden Kegel: S die Seitenlänge und R den Radius des Grundkreises; bei dem abgekürzten Kegel: s die Seitenlänge, R den Radius des größeren und r den Radius des kleineren Grundkreises; bei der Ellipse: a die halbe große, b die halbe kleine Achse. Dann hat man:

Flächeninhalt des Dreiecks $= \frac{g \, . \, h}{2}$, des Parallelogramms $= g \, . \, h$, des Trapezes $= \frac{G + g}{2} \, . \, h$.

Beim Kreis ist: Umfang $= 2 \, . \, r \, . \, \pi$, Bogen $= \frac{2 \, . \, r \, . \, \pi \, . \, w}{360}$, Flächeninhalt $= r \, . \, r \, . \, \pi$, Ausschnitt $= \frac{r \, . \, r \, . \, \pi \, . \, w}{360}$.

Der Mantel: des geraden Cylinders $= 2 \, . \, r \, . \, \pi \, . \, h$, des geraden Kegels $= R \, . \, \pi \, . \, S$, des gerade abgekürzten Kegels $= (R + r) \, \pi \, . \, s$.

Der Flächeninhalt der Ellipse $= a \, . \, b \, . \, \pi$.

Bei der Kugel ist: Oberfläche $= 4 \, . \, r \, . \, r \, . \, \pi$, Zone $= 2 \, . \, r \, . \, \pi \, . \, h$, Kalotte $= 2 \, . \, r \, . \, \pi \, . \, h$, und der Körperinhalt $= \frac{4 \, . \, r \, . \, r \, . \, r \, . \, \pi}{3}$.

Einige trigonometrische Bezeichnungen, die hier erwähnt werden müssen, sind Sinus und Cosinus.

Wenn man in einem Kreise Fig. 22 AC als Grundlinie betrachtet und von B eine Senkrechte BE auf AC fällt, so heißt diese Senkrechte die Sinuslinie, und EC die Cosinuslinie des Winkels ACB. Die Sinuslinie BE durch den Radius BC dividiert heißt Sinus, und die Cosinuslinie EC durch den Radius BC dividiert heißt Cosinus des Winkels ACB. In gleicher Weise ist $\frac{DF}{DC} = \sin . ACD$ und $\frac{FC}{DC} = \cos . ACD$. — Mit der Zunahme des Winkels wird (im 1. Quadranten) der Sinus größer und der Cosinus kleiner, aber nicht in gleichem Verhältnis mit dem Winkel,

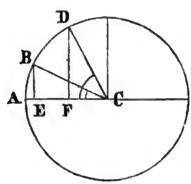


Fig. 22.

sondern in einem andern, welches aus den trigonometrischen Tafeln entnommen werden kann. Die nachstehende kleine Tabelle enthält die Größen des Sinus und Cosinus von allen Winkeln von 0° bis 90° für den Radius = 1.

sin. 0°	und	cos. 90° = 0,0000		sin. 50°	und	cos. 40° = 0,7660
sin. 5°	„	cos. 85° = 0,0872		sin. 55°	„	cos. 35° = 0,8192
sin. 10°	„	cos. 80° = 0,1737		sin. 60°	„	cos. 30° = 0,8660
sin. 15°	„	cos. 75° = 0,2588		sin. 65°	„	cos. 25° = 0,9063
sin. 20°	„	cos. 70° = 0,3420		sin. 70°	„	cos. 20° = 0,9397
sin. 25°	„	cos. 65° = 0,4226		sin. 75°	„	cos. 15° = 0,9659
sin. 30°	„	cos. 60° = 0,5000		sin. 80°	„	cos. 10° = 0,9848
sin. 35°	„	cos. 55° = 0,5736		sin. 85°	„	cos. 5° = 0,9961
sin. 40°	„	cos. 50° = 0,6428		sin. 90°	„	cos. 0° = 1,0000
sin. 45°	„	cos. 45° = 0,7071				

Mit Benutzung dieser Tabelle kann man die Durchmesser der Parallelkreise der Erde von 5 zu 5 Grad berechnen, wobei die Cosinusverhältnisse Anwendung finden, oder die Abstände der Ebenen der Parallelkreise von der Äquatorebene unter Anwendung der Sinusverhältnisse. Die trigonometrischen Verhältnisse sind aber nicht allein in der Geometrie in Gebrauch, sondern sie dienen auch zu Wert-Angaben in der Physik, so daß dieselben auch in dieser Hinsicht zu Darstellungen in der mathematischen Geographie nützlich sind, indem auch einige Sätze aus der Physik hier in Anwendung kommen.

Welche Lehren aus der Physik finden in der mathematischen Geographie Anwendung?

Die Dynamik, die Wärmelehre und die Lichtlehre kommen bei den Erörterungen der mathematischen Geographie in verschiedenen Beziehungen in Betracht. Einige Sätze aus diesen Abteilungen der Physik mögen daher hier Erwähnung finden; zu tieferem Eindringen in die Lehren der Physik kann der „Katechismus der Physik“ von J. Kollert benutzt werden. Ohne Begründungen, da dieselben mehr Raum erfordern würden, als hier gewährt werden kann, werden folgende physikalische Lehrsätze mitgeteilt und erwägender Beachtung empfohlen.

Die ganze Masse eines Körpers hat man sich als aus einem Punkte wirkend vorzustellen, und dieser Punkt heißt Schwerpunkt. Derselbe ist in kugelförmigen Körpern im Mittelpunkt, wenn gleiche Massen um den Mittelpunkt symmetrisch geschichtet sind. — Das absolute Gewicht eines Körpers ist seiner Masse proportional. — Das spezifische Gewicht ist von der Dichte der Masse abhängig, und es wird dasselbe angezeigt durch das Verhältnis der Dichte der Masse zu der Dichte des Wassers. — Die Anziehung entspricht der Masse des anziehenden Körpers; sie nimmt ab im Verhältnis des Quadrates der Entfernung des angezogenen Körpers von dem anziehenden.

Kräfte können nach ihrer Größe durch verhältnismäßige Linienlängen dargestellt werden. Wenn nun zwei Kräfte, Fig. 23 BA und CA, auf A wirken, so ist der Erfolg des Zusammenwirkens sowohl nach Stärke als auch nach Richtung in der Diagonale, AD, des Parallelogramms angezeigt. Die Seitenkräfte heißen Komponenten, die Mittelkraft heißt Resultante, und die ganze Darstellung heißt: das Parallelogramm der Kräfte (Fig. 23 AB_1CD_1).

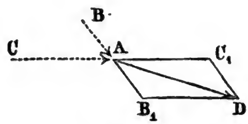


Fig. 23.

Die Richtung des Fallens freifallender Körper geht nach dem Schwerpunkt des anziehenden Körpers hin. — Die in den aufeinanderfolgenden Sekunden durchfallenen Räume verhalten sich wie die aufeinanderfolgenden ungeraden Zahlen: 1, 3, 5 ꝛc. — Die Räume, welche in den ganzen Zeiten des Fallens durchfallen werden, verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten: 1, 4, 9, 16, 25 ꝛc. bei 1, 2, 3, 4, 5 ꝛc. Sekunden Fallzeit. — Die Geschwindigkeit des Auffallens ist gleich der doppelten Fallhöhe der ersten Sekunde mit der Anzahl der Sekunden der Fallzeit multipliziert.

Das Pendel, welches aus der vertikalen Stellung gebracht wird, erhält durch die Schwere seine Bewegung.

Diese erzeugt veränderliche beschleunigende Kraft, welche dem Sinus des Elongationswinkels entspricht; Fig. 24 in B = sin. ACB, in K = sin. ACK. — Die Pendellängen verhalten sich wie die Quadrate der Schwingungszeiten; z. B. das Halbsekundenpendel hat den vierten Teil, das Drittelsekundenpendel den neunten Teil der Länge des Sekundenpendels.

Wenn die Richtung einer Kraft durch den Schwerpunkt eines Körpers geht, so entsteht progressive Bewegung dieses Körpers; geht dieselbe aber nicht durch den Schwerpunkt, so wird neben der progressiven auch rotatorische (drehende) Bewegung verursacht. — Die Rotationsgeschwindigkeit vergrößert sich wie die Entfernung von der Drehungsachse, und in gleicher Weise vergrößert sich die Schwungkraft. — Bei Bewegung in gleich großen Kreisen mit verschiedenen Geschwindigkeiten verhält sich die Schwungkraft, wie das Quadrat der Geschwindigkeit des Körpers in seiner Bahn.

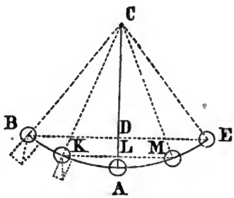


Fig. 24.

Bei Zentralbewegung beschreibt der Radius vector in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume; die Geschwindigkeiten an verschiedenen Stellen der Bahn verhalten sich umgekehrt, wie die Tangentenlote. — In elliptischen Bahnen (Gestalten der Planetenbahnen) verhalten sich die Quadratzahlen der Umlaufszeiten, wie die Kubikzahlen der mittleren Entfernungen; z. B. Jupiter braucht zu einem Umlauf 11.865mal so viel Zeit, als die Erde, und ist 5.202mal so weit von der Sonne im Mittel entfernt, als die Erde; das Quadrat von 11.865 oder 11.865 × 11.865 = 140.77, und die Kubikzahl von 5.202 oder 5.202 × 5.202 × 5202 = 140.77, es ist also jene Quadratzahl gleich dieser Kubikzahl.

Die Wärme verändert die Aggregatzustände (fest, flüssig, luftförmig) der Körper. Flüssige Körper, welche in ruhigem Zustande kugelförmig sein würden, müssen bei Rotation ein elliptisches Sphäroid bilden, an den Polen abgeplattet, am Äquator erhöht sein.

Der Lichtstrahl schreitet in einem und demselben und durchgängig gleichen Medium geradlinig fort. Von an sich dunklen Körpern wird derselbe reflektiert, zurückgeworfen. Bei Übergang von einem Medium in ein anderes (von Äther in Luft, von Luft in Glas 2c.) oder in einem und demselben Medium bei Übergang in Örter mit verschieden dichtem Zustande desselben, wird der Lichtstrahl von seiner geradlinigen Fortschreitung abgelenkt, er wird gebrochen, es findet Refraktion statt. Die Reflexions- und Refraktionsgesetze finden Anwendung bei Erörterungen über Dämmerung und über Erscheinungen bei Aufgang und Untergang der Gestirne, überhaupt bei verschiedenen Betrachtungen der Weltkörper, welchen die Erde als Glied derselben einzureihen ist.

Zweiter Abschnitt.

Die Erde als Weltkörper.

Wie werden gewöhnlich die Himmelskörper eingeteilt?

Man teilt die Himmelskörper in selbstleuchtende und dunkle ein, letztere werden durch Reflexion des erhaltenen Lichtes sichtbar. Selbstleuchtende Weltkörper sind die Sonne und die Fixsterne; dunkle sind die Planeten und ihre Monde. Die Meteoriten, sehr kleine Körper, werden nur als Sternschnuppen und Feuerkugeln sichtbar, wenn sie die Erdatmosphäre durchfliegen und dabei auf kurze Zeit, meist nur während weniger Sekunden, erglühen.

Die Fixsterne werden in Bereiche eingeteilt, welche man Sternbilder nennt. Zwölf dieser Sternbilder bilden eine Zone, in welcher die Sonne ihren scheinbaren Jahreslauf vollbringt, diese heißen Sternbilder des Tierkreises (Zodiakus). Diese Zone bildet die Grenze zwischen den nördlichen und südlichen Sternbildern. Die Sterne selbst werden durch den Himmelsäquator in nördliche und südliche Sterne abgeteilt. Nach ihrer Helligkeit teilt man die Sterne in Klassen; von der 1. bis 6. Klasse sind dieselben dem bloßen Auge sichtbar, hierauf folgen die Klassen der teleskopischen, nur in Fernrohren sichtbaren Sterne etwa bis zur 15. Klasse.

Die Sonne ist der uns nächste Fixstern, daher sie uns auch weit größer und heller erscheint als alle übrigen. Sie bildet den Zentralpunkt eines Weltsystems von Planeten, Monden, Kometen und Sternschnuppen.

Die größeren Planeten sind in der Reihe nach ihren Entfernungen von der Sonne: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Zwischen der Bahn des Mars und der Bahn des Jupiter liegen die Bahnen zahlreicher sehr kleiner Planeten (Planetoiden).

Die Monde sind Begleiter der Planeten, sie umkreisen diese und wandern mit denselben um die Sonne. Bis jetzt sind 21 Monde sicher erblickt worden: bei Neptun 1, Uranus 4, Saturn 8, Jupiter 5, Mars 2 und Erde 1 Mond.

Die Kometen sind teils periodische, deren Wiederkehr berechnet und bei mehreren wiederholt erfolgt ist, teils Kometen, welche in nicht geschlossenen Bahnen ihren Lauf haben, daher nach ihrer Sichtbarkeit sich wieder aus dem Sonnenbereich entfernen.

Die Sternschnuppen und Meteore, zerstreute oder in großer Anzahl vereinte kleine Körper, haben wie die Planeten und die periodischen Kometen ihren Lauf um die Sonne.

Das Zodiakallicht ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit seinem Wesen nach ergründet. Man erklärt dasselbe für reflektiertes Licht der Sonne, reflektiert durch kleine Körperchen oder Weltendunst; aber in den Angaben über die Lage dieses Dunstringes herrscht Verschiedenheit.

Wie denkt man sich die Entstehung der Erde?

Nach der Hypothese des großen französischen Mathematikers Laplace, welche heute als die wahrscheinlich richtigste fast allgemein angenommen wird, bildete die Sonne im Anfang den Kern eines Nebelflecks, der sich bis über die Bahn des äußersten heutigen Planeten ausdehnte. Dieser Nebelfleck, in welchen alle Materie des gegenwärtigen Sonnensystems in Gasform aufgelöst war, drehte sich von

Westen nach Osten um sich selbst. Durch Abkühlung mußte sich die gasförmige Masse zusammenziehen, dabei aber gleichzeitig nach mechanischen Gesetzen die Umdrehungsgeschwindigkeit zunehmen. Diese Zunahme verursachte zuletzt ein Zerreißen und Abtrennen der äquatorialen Nebelteile, es bildete sich ein Gürtel oder Ring, dem später, bei fortgesetzter Zusammenziehung und zunehmender Rotationsgeschwindigkeit der zentralen Nebelmasse, die Bildung weiterer, innerer Ringe folgte. Diese Ringe zerfielen dann ihrerseits wieder und ihre Materie bildete eine gasförmige Kugel. Jede solche Kugel repräsentierte den Urzustand eines heutigen Planeten. Dieselben Vorgänge, welche sich bei dem großen Sonnennebel abspielten, wiederholten sich bei den gasförmigen Planetenkugeln: Erkaltung, Zusammenschrumpfung, Zunahme der Umdrehungsgeschwindigkeit, Ringbildung und Zerreißung der Ringe. Auf diese Weise entstanden die Monde und der Saturnsring. Die Erde war danach in ihrem frühesten selbständigen Zustande gasförmig oder wenigstens glühend flüssig und sie hat sich erst im Laufe zahlloser Jahrtausende bis zu ihrem heutigen Zustande abgekühlt. Vielleicht ist die Abplattung derselben an den Polen auch ein Beweis des früheren flüssigen Zustandes.

Dritter Abschnitt.

Die kugelförmige Gestalt der Erde.

Welche Gestalt hat im allgemeinen die Erde?

Die Erde hat, im allgemeinen betrachtet, die Gestalt einer Kugel. Die Vorstellung von einer allseitig bewohnten, frei im Weltenraum schwebenden Kugel, jetzt in der gebildeten Welt durchgängig herrschend, gleichsam von den Eltern auf die Kinder vererbt, war ursprünglich nicht leicht zu gewinnen. Es lebte dieselbe nur allmählich im Kreise der Gelehrten auf, und erst nachdem allgemein geistige Bildung in größere Kreise eingedrungen, nachdem hier die Eindrücke äußerer, sinnlicher Wahrnehmungen nicht mehr allein die Gedanken beherrschten, sondern die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschungen Eingang und Aufnahme gefunden, konnte die Vorstellung der Kugelgestalt der Erde als eine wahre von der größeren Menge des Volkes erfaßt werden.

Seit wann herrscht die Vorstellung von einer kugelförmig gestalteten Erde?

Zu welcher Zeit die Vorstellung der kugelförmig gestalteten Erde, der Gedanke, daß die Erde eine im Weltenraum befindliche, vom Weltenäther umgebene Kugel sei, in dem geistigen Entwickelungsgange der Menschheit erwacht sei, läßt sich nicht ergründen. Die über die Gestalt der Erde sowohl

in der Menge des Volkes, als auch im engern Kreise der Gelehrten herrschenden Gedanken der Inder, Chaldäer und Ägypter, welche Völker von uns als die ältesten Pfleger und Träger der Wissenschaften betrachtet werden, lassen sich nicht mit Sicherheit erkennen. Die uns zugekommenen Nachrichten derselben sind in dieser Beziehung spärlich und dunkel; es beruhen möglicher Weise die Auslegungen des schriftlichen Nachlasses zum Teil auf Mißverständnissen, indem man bildlich vergleichende Darstellungen der Gedanken für Mitteilungen der wirklichen Auffassungen gehalten; z. B. die Kunde, daß die Inder geglaubt hätten, die Erde werde von Elefanten getragen, und ähnliches.

Daß bei den Griechen schon Thales und Anaximander, im 7. Jahrh. v. Chr. Geb., die Kugelgestalt der Erde erkannt und gelehrt haben, läßt sich aus den Überlieferungen nicht sicher erweisen. Aristoteles aber und nach ihm Eudoxus von Knidos hatten schon richtige Vorstellungen von der Gestalt der Erde. Ersterer stützte bereits seine Anschauung auf das Gesetz der Attraktion flüssiger Substanzen, letzterer gewann dieselbe durch seine astronomischen Forschungen in Verbindung mit seinen Reisen in süd-nördlicher Richtung.

Obgleich wir sichere Kunde über Umfang und Tiefe der astronomischen Kenntnisse der Ägypter des Altertums nicht besitzen, so ist es doch wahrscheinlich, daß die dem Sterndienst huldigenden Ägypter ihre geometrischen Kenntnisse auch auf Messungen am Himmel angewandt, und dadurch Kenntnis über die Gestalt der Erde erlangt haben. Wenn aber schon in frühester Zeit die Ägypter in Besitz dieser Kenntnis waren, so dürfte wohl schon vor der Zeit des Aristoteles von Gelehrten Griechenlands durch ihre Reisen nach Ägypten die richtige Vorstellung von der Gestalt der Erde in die Heimat gebracht, und hier im Kreise der wissenschaftlich Gebildeten bekannt geworden sein. Die große Menge der Ungebildeten stützt aber ihr Urteil nur auf äußere sinnliche Wahrnehmungen, und vermag nicht leicht vom

Schein sich zu trennen, die Schale zu zerbrechen, um zu dem Kern der Wahrheit zu gelangen.

Allerdings ist es bei ungenügender Vorbildung schwierig, die Überzeugung von der kugelförmigen Gestalt der Erde zu gewinnen, da der Umblick die Vorstellung einer Ebene erzeugt und der Gedanke des „Oben" und „Unten" ein Beharren, welches an allen Orten auf der Erdoberfläche stattfinden solle, bei lose an denselben befindlichen Gegenständen unmöglich erscheinen läßt, indem man leicht wähnt, daß an der abschüssigen Seite der Erdkugel ein Niedergleiten und am untern Teile derselben ein Abfallen stattfinden müsse. Eine richtige Vorstellung zu gewinnen, dazu reicht der physische Blick nicht weit genug, und der geistige Blick der großen Menge erschaut nicht die Attraktionskraft der Erde in ihrer allseitig gleichen Wirkung. Die für die Kugelgestalt der Erde beigebrachten Beweise sind aber kräftig genug, um die Wahrheit dieser Auffassung darzuthun; es bedarf nur der Anführung von bestimmten beobachteten Erscheinungen, um allen Zweifel an der kugelförmigen Gestalt der Erde zu beseitigen.

Welche Beweise giebt es für die Annahme der kugelförmigen Gestalt der Erde?

Nach den Forschungen der Astronomen entstehen die Mondfinsternisse durch das Eintreten des Mondes in den Schatten, welchen die von der Sonne beschienene Erde in einer von der Sonne abgewendeten Richtung in den Himmelsraum wirft. Durch diesen Schatten wird der Mond an den Stellen, auf welche derselbe fällt, der Sonnenbestrahlung beraubt und verliert dadurch daselbst seine Leuchtkraft, er wird verfinstert. Die Gestalt, die Umgrenzung des Schattens, ist von der Gestalt des Körpers, welcher den Schatten wirft, abhängig. Wenn nun die Sonnenstrahlen auf einen Körper treffen, welcher denselben eine geradlinig umgrenzte Fläche als Auffangfläche darbietet, so wird ein senkrechter Querschnitt des Schattens

geradlinig begrenzt sein; bei einer krummlinig begrenzten, den Sonnenstrahlen dargebotenen Auffangfläche wird dieser Schattenquerschnitt krummlinig begrenzt erscheinen. Ein Cylinder, ein Kegel, ein abgekürzter Kegel, ein Kugelabschnitt, eine Kugelscheibe gewähren daher nur in einer Stellung zu den Lichtstrahlen der Sonne einen kreisförmigen Querschnitt des Schattens und zwar nur in derjenigen Stellung, bei welcher die Sonnenstrahlen senkrecht auf die an ihnen vorhandenen Kreisflächen fallen. Nur eine Kugel verursacht einen Schatten, dessen senkrechter Querschnitt stets kreisförmig ist. Da nun in den verschiedensten Stellungen der Erde zu der Sonne Mondfinsternisse beobachtet worden sind, und die Schattengrenze stets als Bogen eines Kreises auf der Mondscheibe erschienen ist, so kann dieser Schatten nur durch eine Kugel verursacht werden, mithin muß die Erde die Gestalt einer Kugel haben. Erhöhungen durch Berge der Erde am Rande der bestrahlten Fläche und die Abplattung der Erde sind in ihren Größen im Verhältnis zur Größe der Erde so gering, daß der kreisbogenförmigen Begrenzung dadurch kein bemerkbarer Eintrag geschieht.

Zur Beglaubigung der Annahme der kugelförmigen Erdgestalt hat man übrigens eine große Anzahl Beweise aufgestellt. Diese Beweise beziehen sich größtenteils auf an der Erdoberfläche beobachtete Erscheinungen, und es können dieselben zur Bestätigung der bereits bewiesenen Kugelförmigkeit der Erde benutzt werden.

Welche Erscheinungen auf der Erdoberfläche enthalten Hindeutung auf Kugelgestalt der Erde?

Wo man auch auf der Erde seinen Standpunkt wähle, stets wird bei freier Aussicht, auf dem flachen Lande oder auf dem Meere, der Umblick durch eine kreisförmige Linie begrenzt sein. Dies kann nur auf kugelförmig gestalteter Erde statthaben.

Je mehr man auf dem flachen Lande oder auf dem Meere seinen Standpunkt erhöht, desto mehr erweitert sich

die überblickte Fläche und auch hier erscheint die Umgrenzung stets in Kreisform (Fig. 25). Überdies geschieht die Zunahme der Fernsicht allmählich und in einer Weise, welche in ihren Größenverhältnissen die Vergrößerung auf Kugeloberfläche erkennen läßt. Da an den verschiedensten Orten der Erde diese Wahrnehmung stattgefunden hat, so läßt sich hieraus folgern, daß die Erde Kugelgestalt habe.

Auf einer Land- oder Wasserfläche vermag man, wenn man einen besonders erhöhten Standpunkt nicht einnimmt,

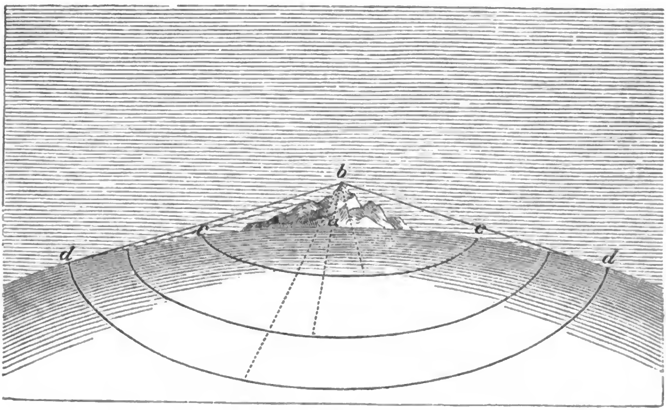


Fig. 25.

einen Gegenstand, welcher eine etwa 25 m lange und 25 m breite Fläche dem Blicke darbietet, in einer Entfernung von 3 Meilen nicht mehr zu erschauen, auch wenn die Luft völlig klar und durchsichtig ist und der Gegenstand durch seine Färbung vom Hintergrunde in hohem Grade absticht. Bei dieser Entfernung ist die Grenze der Sichtbarkeit dieses Gegenstandes noch nicht erreicht; ein normales Auge würde ihn noch bis etwa 23 Meilen entfernt erblicken, da erst in dieser Entfernung der Gesichtswinkel die Grenze des Wahr-

nehmens, 30 Sekunden, erreicht. Es ist daher nicht die Entfernung die Ursache des Nichterblickens, sondern die Gestalt der Erdoberfläche verhindert den Gesichtsstrahl, zu dem Gegenstande zu gelangen. Der auf der Oberfläche der Erde befindliche Gegenstand liegt tiefer, als die Begrenzung der Ebene der überblickten Fläche. Ein Berg von 12000 Fuß Höhe würde auf einer Ebene noch in einer Entfernung von 400 Meilen einen Gesichtswinkel von über 4 Minuten darbieten, mithin noch wenigstens durch ein Fernrohr zu erblicken sein, aber derselbe wird schon bei einer Entfernung von etwa 29 Meilen auch durch das Fernrohr nicht mehr erschaut, da er bei dieser Entfernung unter die Ebene der Umschaufläche zu liegen kommt (Fig. 26, A). Wo auch auf der Erde Versuche in ähnlicher Weise angestellt werden, überall bleibt der zum Erschauen gewählte Gegenstand bei geringerer Entfernung, als die Sichtbarkeit auf einer Ebene ergiebt, dem Blicke unerreichbar. Es findet daher überall eine Krümmung der Erdoberfläche statt und dies giebt Veranlassung, die Erde für kugelförmig gestaltet zu erachten.

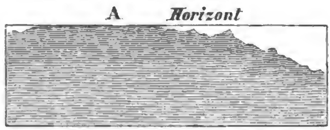


Fig. 26.



Fig. 27.

Bei allmählicher Annäherung an einen auf dem Flachlande oder dem Meeresspiegel befindlichen erhabenen Gegenstand, z. B. an ein Schiff (Fig. 27), erblickt man zuerst den obersten und dann allmählich immer tiefer liegende Teile desselben, und bei Entfernung von demselben verschwinden

zuerst die tiefer liegenden Teile und dann allmählich die höher liegenden bis zu dem obersten Punkt. Ebenso sieht man von einem Schiff, das sich vom Meer her dem Lande nähert, zuerst die Spitze eines Kirchturms und erst in dem Maße, als das Schiff näher und näher kommt, auch den untern Teil. Diese Erscheinung läßt sich ebenfalls durch Annahme der Krümmung der Erdoberfläche erklären und kann, da sie an allen Orten der Erdoberfläche, wo die Aufmerksamkeit darauf sich lenkt, wahrgenommen wird, den für die Kugelförmigkeit der Erde beigebrachten Beweisen eingefügt werden.

In der Richtung von Osten nach Westen, von Europa aus über den Atlantischen Ozean, durch die Magelhaensstraße über die Südsee, um das Vorgebirge der guten Hoffnung und über den Atlantischen Ozean nach Europa zurück, unter Beibehaltung der gleichen Richtung (nur mit den südlichen oder nördlichen Abweichungen, welche die Küsten der Länder und der Inseln notwendig machten) hat seit 1519 oft völlige Umschiffung der Erde stattgefunden. Überall zeigte bei ruhiger Luft der Meeresspiegel, infolge der geringen Krümmung, die Gestalt einer Ebene. Diese Wahrnehmung bestätigt, daß wenigstens in der Richtung von Westen nach Osten kreisförmige Umgrenzung des Erdkörpers statthabe, mithin in dieser Richtung die Erde kugelförmig sein könne.

Noch sei hier der Hinweis auf die übrigen Planeten in Erwähnung gebracht. Da alle übrigen Planeten kugelförmige Gestalt haben, so ist auch der Erde als einem Planeten kugelförmige Gestalt zuzuschreiben. Dieser Beweis nach Analogie, trägt den Charakter großer Wahrscheinlichkeit in sich, aber zwingende Beweiskraft besitzt er nicht.

Einige Beweise, welche mit großer Schärfe die kugelförmige Gestaltung der Erde, nebst den geringen Abweichungen davon, darthun, erfordern zum Verständnisse gewisse Vorkenntnisse, die erst in späteren Kapiteln beigebracht werden können, weshalb dort darauf zurückgegriffen wird.

In welcher Weise werden die Abteilungen auf der Oberfläche der Erde bestimmt?

Nachdem die Erde sich als Kugel erwiesen hat, ist es zweckmäßig, zunächst die Oberfläche der Erdkugel in bestimmte Abteilungen zu zerlegen. Wir benutzen dazu Resultate astronomischer Forschungen, und zwar die Lage der „Himmelspole“, „Nordpol“ (Fig. 28, HP) und „Südpol“ (HP_1). Es sind dies zwei einander gegenüberstehende Punkte an der Innenfläche der scheinbaren Himmels-

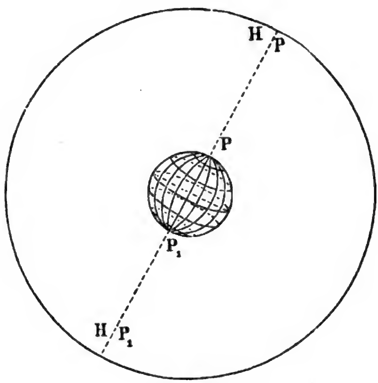


Fig. 28.

kugel so bestimmt, daß in der geraden Linie von dem einen dieser Punkte zu dem andern der Mittelpunkt der Erde liegt. Derjenige Punkt P der Erdoberfläche, welcher senkrecht unter dem Nordpol des Himmels HP liegt, heißt der Nordpol der Erde, und derjenige Punkt P_1, welcher senkrecht unter dem Südpol HP_1 liegt, heißt Südpol der Erde. Die gerade Linie in der Erde, welche vom Nordpol zum Südpol reicht, nennen wir „Erdachse“. Auf diese Weise haben wir auf der Erdoberfläche zwei feste Punkte und im Innern der Erde eine bestimmte gerade Linie erhalten, und hierin besitzen wir

die Mittel, in zweckmäßiger Weise ein Netz von Linien, das „Gradnetz“, um die Erde zu spannen.

In welcher Weise wird dieses Gradnetz um die Erdoberfläche gebildet?

Durch die Mitte der Erdachse legen wir senkrecht auf diese eine Ebene. Wo diese Ebene aus der Erdkugel austritt erhalten wir auf der Erdoberfläche einen größten Kreis. Wir nennen denselben „Äquator“. Der Äquator teilt die Erdoberfläche in zwei gleiche Teile, in die nördliche, nach dem Nordpol hin liegende, und in die südliche, auf der Seite des Südpols befindliche Hälfte, in die nördliche und südliche Hemisphäre der Erde. Wir bilden nun sowohl auf der nördlichen als auch auf der südlichen Erdhälfte parallel zum Äquator liegende Kreise, Parallelkreise, welche auf jeder der beiden Erdhälften desto kleiner werden, je weiter vom Äquator entfernt, je näher einem Pol, dieselben liegen. Hierauf legen wir von Pol zu Pol Halbkreise, welche den Äquator senkrecht durchschneiden, neben einander. Diese Halbkreise sind Hälften des größten Kreises der Erdkugel. Wir nennen diese Halbkreise Meridiane der Erde. Indem wir die Entfernung der Parallelkreise und der Meridiane so wählen, daß je ein Parallelkreis von dem nächsten, und je ein Meridian von dem nächsten einen Grad entfernt ist, erhalten wir das Gradnetz der Erde.

Wozu dient dieses Gradnetz auf der Erdkugel?

Das Gradnetz dient zu Bestimmung der Lage eines jeden Ortes auf der Erdoberfläche. Die Richtung auf der Erdoberfläche vom Äquator nach dem Nordpole hin heißt nördlich und es mag dieselbe durch das Zeichen + angedeutet sein; die südliche Richtung, angedeutet durch das Zeichen —, geht vom Äquator nach dem Südpol.

Die Entfernung eines Ortes vom Äquator nach einem der Pole hin heißt seine geographische Breite, welche nördlich oder südlich ist, jenachdem die Richtung nach dem Nordpol oder dem Südpol hin geht. Diese Breite wird

nach Graden und den Unterabteilungen derselben (Minuten und Sekunden) angegeben.

Wenn man seinen Standpunkt im Äquator und die Stellung daselbst so wählt, daß man Norden vor sich hat, so erhält man rechts die Richtung nach Osten, links die Richtung nach Westen. In der Richtung Osten-Westen zählt man rings um die Erdkugel 360 Meridiane, von denen jeder von dem nächsten 1° entfernt ist. Keiner dieser Meridiane, ist vor den übrigen irgendwie ausgezeichnet, um als ein von Natur dazu bestimmter Anfangsmeridian oder Erster Meridian gelten zu können. Es muß daher irgend einer dieser Meridiane als Erster Meridian gewählt werden, um als Anfangspunkt der Zählung für die anderen Meridiane zu dienen. Jeder Ort der Erdoberfläche muß natürlich unter irgend einem Meridian liegen und diesen nennt man den Ortsmeridian. Die Lage desselben wird nach seiner Entfernung vom Ersten Meridian in Graden, Minuten und Sekunden angegeben, wobei man entweder stets ostwärts rings um die Erdkugel herum bis wieder zum Ersten Meridian, 360 Grad, oder ostwärts bis 180 Grad und westwärts bis 180 Grad zählt. Die Entfernung des Ortsmeridians vom Anfangsmeridian heißt die geographische Länge des betreffenden Ortes. Zählt man östlich und westlich nur bis 180°, so muß der geographischen Länge hinzugefügt werden, ob sie östlich oder westlich ist. Durch Angabe der Länge und Breite eines Ortes ist seine Lage auf der Erdoberfläche vollständig bestimmt.

Warum nennt man die Richtung nach Osten oder Westen Länge und die Richtung nach Norden oder Süden Breite?

Die Bezeichnung der ost-westlichen Richtung als Länge und der nord-südlichen Richtung als Breite stammt aus frühester Zeit, wo die Kenntnis der Erdoberfläche weiter in der ersteren als in der letzteren Richtung reichte. Da man nun in einer Figur, welche einem Parallelogramm zu vergleichen ist, die größere Seite mit der Bezeichnung „Länge“,

die kleinere mit der Bezeichnung „Breite“ angiebt, so fand dieser Gebrauch auch bei der Figur statt, welche im Altertum von dem damals bekannten Teil der Erdoberfläche gebildet wurde. Man nannte die größere Ausdehnung, welche vom Ersten Meridian ostwärts sich erstreckte: Länge und daher die nordwärts gerichtete kleinere Ausdehnung: Breite.

Welcher Meridian gilt als Erster oder Anfangsmeridian?

Die frühesten griechischen und römischen Geographen haben denjenigen Meridian als ersten angenommen, welcher über die beiden Vorgebirge an der Meerenge von Gibraltar, Calpe und Abila (Gibraltar und Ceuta), genannt die Säulen des Herkules, gelegt wurde. Im Altertum betrachtete man diese Vorgebirge als die Grenzen der Erde. Nach der Entdeckung von westlicher als die Säulen des Herkules liegenden Inseln wurde auch der Erste Meridian weiter westwärts fortgerückt: es ging derselbe über die „Glücklichen Inseln“ (Kanarischen Inseln). Von dieser Inselgruppe weiter westwärts ist der Erste Meridian indessen nicht gelegt worden; die Entdeckung Amerikas verursachte keine Fortrückung desselben in westwärts gehender Richtung.

Von den rheinischen und niederländischen Geographen Mercator, Janson und Bläu wurde der Erste Meridian über die Azoren (Corvo und Flores), von den Portugiesen über die Insel Terzeira und über die Insel Pico, ferner wurde derselbe über die Inseln des Grünen Vorgebirges St. Nicolas, San Jago, Dal Fuego, St. Vincent, von Riccioli über die Insel Palma, von den Holländern Falk, Vischer und Schenk, sowie auch in den älteren Homannschen Karten über Teneriffa und dann über die Insel Ferro gelegt. Die Lage desselben über Ferro wurde fast allgemein angenommen, nachdem Ludwig XIII., König von Frankreich, 1634 die Verordnung erlassen, daß der über Ferro gehende Meridian für geographische Bestimmungen allgemein in Frankreich als Erster Meridian betrachtet werden solle. Zugleich wurde verordnet, daß dieser Erste

Meridian 20 Grad westlich von dem Meridian des Pariser Observatoriums angenommen werden solle. Derselbe traf dadurch nicht die Insel selbst, sondern ging östlich an derselben vorüber. Die Pariser Astronomen legten den Ersten Meridian über Paris, die Berliner Akademiker über Berlin, die Londoner Astronomen über London und später über Greenwich und die schwedischen über Stockholm.

In der Geographie waren bis in die neueste Zeit hauptsächlich folgende Anfangsmeridiane in Gebrauch: der Meridian über Ferro, der Meridian über Paris und der Meridian über Greenwich. Paris liegt 20 Grad und Greenwich 17 Grad 39 Minuten 46 Sekunden östlich von Ferro. Während bis vor wenigen Jahrzehnten auf den deutschen Landkarten meistens nur nach Ferro gezählt wurde, sind gegenwärtig in vielen Fällen die Längen nach dem Meridian von Greenwich angegeben, da dies aus nautischen und astronomischen Gründen, sowie weil die meisten Seekarten von diesem Meridian aus zählen, am vorteilhaftesten ist. Im Jahre 1884 ist zudem auf einem internationalen Kongreß zu Washington der Beschluß gefaßt worden, als Anfangsmeridian denjenigen, welcher über Greenwich geht, anzunehmen und die geographische Länge ostwärts und westwärts bis 180° zu zählen.

Welche Punkte sind am genauesten nach ihrer geographischen Länge und Breite bestimmt?

Die am genauesten bezüglich ihrer geographischen Lage bestimmten Punkte der Erdoberfläche sind im allgemeinen die Sternwarten, weil für diese die möglichst scharfe Kenntnis ihres Ortes auf der Erdoberfläche erstes Erfordernis ist. Die Angaben für die geographische Lage der Sternwarten beziehen sich gewöhnlich auf den Punkt, in welchem das Meridianinstrument derselben aufgestellt ist.

Was versteht man unter geographischer Länge in Zeit?

Statt rings um die Erde 360 Grade zu zählen, kann man auch 24 Stunden rechnen, so daß auf jede Stunde 15 Grad

Längenunterschied entfallen. Diese Rechnungsweise wird in der Astronomie und mathematischen Geographie deshalb angewendet, weil ein Ort, der um 15° weiter ostwärts liegt als ein anderer, die Sonne eine Stunde früher im Meridian erblickt als dieser. Natürlich giebt man hierbei auch Unterabteilungen der Stunde an und zwar ist:

1 Stunde (1^h) = 15°
1 Minute (1^m) = 15′
1 Sekunde (1^s) = 15″.

So liegt z. B. Berlin in Zeit $0^h\ 53^m\ 34.9^s$ östlich von Greenwich, das macht in Bogenmaß 13° 23′ 43.5″.

Welches sind die geographischen Positionen der hauptsächlichsten Sternwarten der Erde?

Dieselben sind folgende, wobei N nördliche, S südliche Breite, Ö östliche und W westliche Länge in Zeit von Greenwich bezeichnet.

	Breite				Länge			
	°	′	″		h	m	s	
Adelaide	34	55	33.8	S.	9	14	20.4	Ö.
Albany, V.S.	42	39	49.6	N.	4	54	59.5	W.
Algier	36	44	0	N.	0	12	16.8	Ö.
Ann-Arbor, V.S.	42	16	48	N.	5	34	55.2	W.
Armagh	54	21	12.7	N.	0	26	35.5	W.
Athen	37	58	20	N.	1	34	55.7	Ö.
Berlin	52	30	16.7	N.	0	53	34.9	Ö.
Besançon	47	14	59.0	N.	0	23	57.2	Ö.
Bilk	51	12	25	N.	0	27	5.5	Ö.
Birr Castle	53	5	47	N.	0	31	40.9	W.
Bologna	44	29	47	N.	0	45	24.5	Ö.
Bonn	50	43	45.0	N.	0	28	23.9	W.
Bordeaux	44	50	17	N.	0	2	5.4	W.
Breslau	51	6	56.1	N.	1	8	9.1	Ö.
Brüssel	50	51	10.7	N.	0	17	28.9	Ö.
Cambridge	52	12	51.6	N.	0	0	22.8	Ö.
Cambridge, V.S.	42	22	48	N.	4	44	30.7	W.
Cap der guten Hoffnung	33	56	3.5	S.	1	13	54.7	Ö.
Carlsruhe	49	0	29.6	N.	0	33	36.5	Ö.
Chicago	41	50	1.0	N.	5	50	26.8	W.
Christiania	59	54	43.7	N.	0	42	54.2	Ö.
Cincinnati	39	8	19.5	N.	5	37	41.3	W.

	Breite				Länge			
	°	′	″		h	m	s	
Coimbra	40	12	25.8	N.	0	33	34.5	W.
Cordova	31	25	15.5	S.	4	16	48.2	W.
Dorpat	58	22	47.1	N.	1	46	53.6	Ö.
Dresden (Baron Engelhardt)	51	2	16.8	N.	0	54	54.8	Ö.
Dublin (Dunsink)	53	23	13	N.	0	25	22	W.
Dun Echt (Earl of Crawford)	57	9	36	N.	0	9	40	W.
Durham	54	46	6.2	N.	0	6	19.8	W.
Edinburgh	55	57	23.2	N.	0	12	43.6	W.
Florenz, Arcetri	43	45	14.4	N.	0	45	3.1	Ö.
Genf	46	11	58.8	N.	0	24	37.1	Ö.
Georgetown College, V.S. .	38	54	26.1	N.	5	8	18.2	W.
Glasgow	55	52	42.8	N.	0	17	10.6	W.
Glasgow, V.S.	39	13	45.6	N.	6	11	18.0	W.
Gotha	50	56	37.5	N.	0	42	50.5	Ö.
Göttingen	51	31	48	N.	0	39	46.5	Ö.
Greenwich	51	28	38.1	N.	0	0	0	
Hamburg	53	33	7.0	N.	0	39	53.7	Ö.
HamiltonCollege,Clinton,V.S.	43	3	16.5	N.	5	1	37.4	W.
Harrow (Col. Tupman) . .	51	34	47.4	N.	0	1	19.9	W.
Helsingfors	60	9	42.3	N.	1	39	49.2	Ö.
Hongkong	22	18	12.2	N.	7	36	41.9	Ö.
Kasan	55	47	24.2	N.	3	16	28.9	Ö.
Kew	51	28	6	N.	0	1	15.1	W.
Kiel	54	20	28.6	N.	0	40	35.5	Ö.
Köngisberg	54	42	50.6	N.	1	21	58.9	Ö.
Kopenhagen	55	41	13.6	N.	0	50	19.2	Ö.
Krakau	50	3	50.0	N.	1	19	50.4	Ö.
Kremsmünster	48	3	23.8	N.	0	56	32.8	Ö.
Leipzig	51	20	6.2	N.	0	49	34.0	Ö.
Leyden	52	9	20.3	N.	0	17	56.2	Ö.
Lissabon	38	42	31.3	N.	0	36	44.7	W.
Liverpool	53	24	4	N.	0	12	17.2	W
Lund	55	41	54.0	N.	0	52	45.9	Ö.
Lyon	45	41	40.0	N.	0	19	7.9	Ö.
Madras	13	4	8.1	N.	5	20	59.4	Ö.
Madrid	40	24	29.7	N.	0	14	45.4	W.
Mailand	45	28	0.7	N.	0	36	46.1	Ö.
Mannheim	49	29	12.9	N.	0	33	50.8	Ö.
Marburg	50	48	46.9	N.	0	35	5.6	Ö.
Markree (Coopers Obj.) . .	54	10	31.8	N.	0	33	48.4	W.
Marseille	43	18	19.1	N.	0	21	34.8	Ö.
McGill College, Montreal .	45	30	17.0	N.	4	54	18.5	W.
Melbourne	37	49	53.4	S.	9	39	53.8	Ö.
Modena	44	38	52.8	N.	0	43	42.8	Ö.

	Breite				Länge			
	°	′	″		h	m	s	
Moskau	55	45	19.8	N.	2	30	17.0	Ö.
Mount Hamilton (Lick. Obs.)	37	20	23.5	N.	8	6	34.1	W.
München, Bogenhausen . .	48	8	45	N.	0	46	26.5	Ö.
Neapel, Capo di Monte . .	40	51	45.4	N.	0	56	58.9	Ö.
Neuchatel	46	59	51.0	N.	0	27	49.8	Ö.
Nikolajeff	46	58	20.6	N.	2	7	55.1	Ö.
Nizza	43	43	16.7	N.	0	29	12.2	Ö.
Odessa	46	28	36.2	N.	2	3	2.4	Ö.
Orwell Park, Ipswich (Col. Tomline)	52	0	33	N.	0	4	55.8	Ö.
Oxford (Universit.-Observat.).	51	45	34.2	N.	0	5	0.4	W.
Padua	45	24	2.5	N.	0	47	29.0	Ö.
Palermo	38	6	44	N.	0	53	24.2	Ö.
Paris	48	50	11	N.	0	9	21.0	Ö.
Petersburg	59	56	29.7	N.	2	1	13.5	Ö.
Pola	44	51	48.1	N.	0	55	23.1	Ö.
Portsmouth	50	48	3	N.	0	4	23.9	W.
Prag	50	5	18.5	N.	0	57	41.9	Ö.
Princeton	40	20	57.8	N.	4	58	37.5	W.
Pulkowa	59	46	18.7	N.	2	1	18.7	Ö.
Quebec	46	48	17.3	N.	4	44	49.3	W.
Rio de Janeiro	22	54	23.8	S.	2	52	41.4	W.
Rom	41	53	53.5	N.	0	49	54.7	Ö.
San Fernando, bei Cadiz .	36	27	41.5	N.	0	24	49.6	W.
Santiago de Chile	33	26	42.0	S.	4	42	46.3	W.
Stockholm	59	20	34.0	N.	1	12	14.0	Ö.
Stonyhurst	53	50	40	N.	0	9	52.7	W.
Straßburg	48	35	0.2	N.	0	31	2.4	Ö.
Sydney	33	51	41.1	S.	10	4	49.6	Ö.
Tacubaya, Mexiko	19	24	17.5	N.	6	36	46.5	W.
Toulouse	43	36	47.0	N.	0	5	51.0	Ö.
Tulse Hill, bei London (William Huggins)	51	26	47	N.	0	0	27.7	W.
Turin	45	4	6	N.	0	30	48.4	Ö.
Upsala	59	51	29.4	N.	1	10	30.3	Ö.
Utrecht	52	5	10.5	N.	0	20	31.3	Ö.
Venedig	45	25	49.5	N.	0	49	25.4	Ö.
Warschau	52	13	5.7	N.	1	24	7.4	Ö.
Washburn, Obs., Wisconsi., V.S.	43	4	36.6	N.	5	57	37.9	W.
Washington (Naval-Obs.) .	38	53	38.8	N.	5	8	12.1	W.
Wilhelmshaven	53	31	51.8	N.	0	32	35.2	Ö.
Wien (Neue Sternw.) . . .	48	13	55.4	N.	1	5	21.5	Ö.
Wilna	54	41	0	N.	1	41	11.9	Ö.
Windsor, N.S.W. (J. Tebbutt)	33	36	30.8	S.	10	3	20.8	Ö.

Was kommt geographisch bei der Annahme eines bestimmten Standortes in Betracht?

Vor allem ist die Aufmerksamkeit auf den Horizont zu lenken. Voraus sei noch bemerkt, daß zuerst ein Ort auf der nördlichen Erdhälfte als Standpunkt der Anschauung angenommen sein mag, da wir auf der nördlichen Erdhälfte wohnen, und dadurch die zu erörternden Anschauungen leichter verständlich sind, indem wir dieselben wirklich gehabt haben und noch haben.

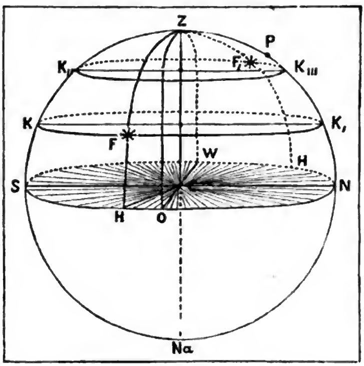


Fig. 29.

Der Horizont ist die kreisförmige Abgrenzung, welche unsere Umschau auf flachem Lande oder auf ruhigem Meere erhält, und die bei dieser Umschau überblickte von der kreisförmigen Linie begrenzte Fläche. Jeder Beobachter ist im Mittelpunkte seines Horizontes und erachtet dabei stets seinen Standpunkt für oben auf der Erdkugel. In Fig. 29 ist C der Standpunkt des Beobachters auf der Erdkugel und über ihm wölbt sich der Himmel.

Um in dieser kreisförmigen Umgrenzung jedmöglichen Ort bezeichnen zu können, bestimmt man vier Punkte nach den sogenannten vier Weltgegenden Ost, Süd, West und

Nord (O, S, W, N), vier „Kardinalpunkte". Stellt man einen geraden Stab lotrecht auf die Horizontebene, so zeigt der Schatten des von der Sonne beschienenen Stabes am Mittage die Süd-Nord-Linie näherungsweise in ihrer Richtung. Auf der Seite nach der Sonne hin zeigt diese Schattenlinie nach dem Südpunkte, auf der entgegengesetzten nach dem Nordpunkte des Horizontes hin. Der Südpunkt und Nordpunkt halbieren den Horizontkreis. Diese Hälften des Kreises enthalten je in der Mitte den Ostpunkt und den Westpunkt und zwar hat der Beobachter, wenn er den Rücken nach Norden wendet, den Ostpunkt links, den Westpunkt rechts. Am 21. März und am 22. September lassen Aufgangs- und Untergangsort der Sonne näherungsweise den Ostpunkt und den Westpunkt des Horizontes erkennen. Mit Benutzung dieser vier Punkte werden die Nebengegenden: Südwest, Nordwest, Nordost und Südost, je in der Mitte zwischen zwei Kardinalpunkten, bestimmt. Wieder in der Mitte zwischen je zweien dieser Punkte erhält man acht Orte: Südsüdwest, Westsüdwest, Westnordwest, Nordnordwest, Nordnordost, Ostnordost, Ostsüdost und Südsüdost. Schließlich werden in der Mitte zwischen je zweien dieser sechzehn Punkte abermals Orte gekennzeichnet. Die bildliche Darstellung dieser Richtungen heißt Windrose oder Kompaßrose (Fig. 30). Die Schiffer benutzen sie, um darnach die Richtung des Schiffslaufes zu bestimmen, doch ist bei den Seeleuten die Ein-

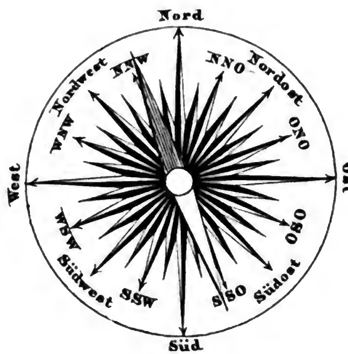


Fig. 30.

teilung der Windrose in 32 Striche gebräuchlich. Die folgende Tabelle enthält die doppelten Bezeichnungsweisen der 32 Richtungen.

Nord	Nord
Nord 1 Strich Ost	Nord zu Ost
„ 2 „ „	Nordnordost
„ 3 „ „	Nordost zu Nord
„ 4 „ „	Nordost
„ 5 „ „	Nordost zu Ost
„ 6 „ „	Ostnordost
„ 7 „ „	Ost zu Nord
Ost	Ost
Süd 7 Strich Ost	Ost zu Süd
„ 6 „ „	Ostsüdost
„ 5 „ „	Südost zu Ost
„ 4 „ „	Südost
„ 3 „ „	Südost zu Süd
„ 2 „ „	Südsüdost
„ 1 „ „	Süd zu Ost
Süd	Süd
Süd 1 Strich West	Süd zu West
„ 2 „ „	Südsüdwest
„ 3 „ „	Südwest zu Süd
„ 4 „ „	Südwest
„ 5 „ „	Südwest zu West
„ 6 „ „	Westsüdwest
„ 7 „ „	West zu Süd
West	West
Nord 7 Strich West	West zu Nord
„ 6 „ „	Westnordwest
„ 5 „ „	Nordwest zu West
„ 4 „ „	Nordwest
„ 3 „ „	Nordwest zu Nord
„ 2 „ „	Nordnordwest
„ 1 „ „	Nord zu West.

Wie kann man näherungsweise ohne Kompaß die Richtungen der Himmelsgegenden finden?

Dies ist sehr leicht nach dem Sonnenstand mit Hilfe einer Taschenuhr möglich. Man hält die Uhr so, daß der Stundenzeiger möglichst genau in der Richtung nach der Sonne zeigt, was man mit Hilfe des Zeigerschattens auf dem Zifferblatt leicht bewirken kann. Dann zählt man die Minuten zwischen der Zahl XII und dem derzeitigen Stand des Stundenzeigers, nimmt die Hälfte dieser Anzahl Minuten und denkt sich eine gerade Linie, welche diesen Halbierungspunkt mit der Mitte des Zifferblattes und der gegenüberliegenden Seite des Zifferblattes verbindet. Diese Linie entspricht der Nord-Süd-Richtung, nach welcher sodann die Ost-West-Richtung leicht zu bestimmen ist. Diese gedachte Nord-Süd-Linie kann man sich auch direkt darstellen durch ein über die Uhr gelegtes Lineal, einen Bleistift rc., welcher so gelegt werden muß, daß er den erwähnten Halbierungspunkt deckt.

Natürlich bleibt es sich ganz gleich, ob man die Minuten des größeren oder kleineren Bogens zählt, der Einfachheit wegen wird man den kleinern Bogen wählen. Zu beachten ist, daß während des Tages, d. h. in der Zeit von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends, die Himmelsrichtung Süden stets in der Mitte des kleinern Bogens zwischen XII und dem Stundenzeiger liegt, dagegen Norden in der Richtung des Halbierungspunktes von dem größern Bogen. Wird das Experiment zur Ermittelung der Himmelsgegend vor 6 Uhr morgens oder nach 6 Uhr abends gemacht, so zeigt der Halbierungspunkt des kleinern Bogens nach Norden.

Wozu dient die Kenntnis der Lage der Kardinalpunkte?

Die Entfernung vom Südpunkte im Horizontkreise, nach Graden, Minuten und Sekunden angegeben, heißt Azimuth und es wird dasselbe entweder von Süden ostwärts in einer und derselben Richtung fort bis 360 Grad oder von Süden ostwärts bis 180 Grad und westwärts bis 180 Grad gerechnet und die Richtung durch „östlich“

oder „westlich“ angezeigt. Diese Ortsbestimmung dient dazu, um die Stellung der Gestirne, welche über dem Horizonte erscheinen, und ebenso um die Richtung, in welcher ein Punkt auf der Horizontfläche vom Beobachter liegt, zu bestimmen.

Die Entfernung vom Ostpunkte im Horizontkreise heißt südwärts: südliche Morgenweite, nordwärts: nördliche Morgenweite, die Entfernung vom Westpunkt südwärts: südliche Abendweite, nordwärts: nördliche Abendweite. Diese Bezeichnungen kommen hauptsächlich bei der Betrachtung des Auf- und Untergangs der Gestirne in Anwendung.

Was bezeichnet man als scheinbaren Horizont und Kimmtiefe?

Die gewöhnlich nicht regelmäßig kreisförmig gestaltete Begrenzung der Umschau heißt „sichtbarer“ oder „natürlicher“ Horizont. Eine Ebene, welche die Erdoberfläche im Standpunkte des Beobachters berührt, schneidet die scheinbare Himmelskugel in einem Kreise, welcher scheinbarer Horizont genannt wird. Eine Ebene parallel zu der Ebene des scheinbaren Horizontes durch den Mittelpunkt der Erde gelegt und allseitig bis in den Himmelsraum erweitert gedacht heißt wahrer oder astronomischer Horizont. Der Meereshorizont, den man von einem erhöhten Standpunkte oder von einem Schiffe aus erblickt, liegt tiefer als der scheinbare Horizont und zwar um so tiefer, je höher der Standpunkt des Beobachters ist. Die Strecke, welche auf diese Weise noch unter der Ebene des Horizontes erblickt wird, heißt: Kimm, Kimmtiefe.

Was versteht man unter Gegenfüßlern oder Antipoden?

Eine gerade Linie vom Standpunkte des Beobachters durch den Mittelpunkt der Erde bis wieder zu der Erdoberfläche trifft den Ort der Gegenfüßler, Antipoden (Antichthonen), die so genannt werden, weil sie dem Beobachter die Füße zukehren. Von den Gegenfüßlern sind die Gegenwohner (Antöci) zu unterscheiden, welche in dem gleichen

Meridian und in gleich großer, aber vom Äquator aus entgegengesetzter Breite wohnen. Von den Gegenwohnern wiederum hat man die Nebenwohner (Periöci) zu unterscheiden, welche in dem gleichen Parallelkreis (Breitenkreis) aber 180 Grad in geographischer Länge entfernt wohnen.

Die Bewohner des Äquators haben keine Gegenwohner und die Antipoden sind ihnen zugleich Nebenwohner. Für Bewohner an den Polen würden keine Nebenwohner und die Antipoden würden zugleich Gegenwohner sein.

Wann ist die Anschauung, daß die Erde allseitig bewohnt sei, entstanden?

Schon Pythagoras (im 6. Jahrh. v. Chr.) soll, daß die Erde allseitig bewohnt sei, gelehrt und das Vorhandensein von Gegenfüßlern angedeutet haben. Der Name „Antipoden" soll aber erst von Plato (um 400 v. Chr.) eingeführt worden sein. Der bedeutendste griechische Geograph Strabo (im 1. Jahrh. v. Chr.), und unter den Römern Cicero, Plinius der ältere, Seneca und andere Gelehrten nahmen die Bewohnbarkeit des unserem Standort entgegengesetzten Teiles der Erdkugel an. Es wurde aber auch die Möglichkeit der Existenz von Gegenfüßlern bestritten, z. B. von Lucretius (im 1. Jahrh. v. Chr.), Plutarch (im 2. Jahrh. n. Chr.), Lactantius (im 4. Jahrh. n. Chr.), Augustin (im 5. Jahrh. n. Chr.), Bonifacius (im 8. Jahrh. n. Chr.), um nur Einige aus verschiedenen Zeiten namhaft zu machen, welche es nicht für möglich hielten, daß die Erde „unten" bewohnt sei. Bereits griechische und römische Philosophen im Altertum stellten die Frage: „Woran erkennt man, daß auf der Erde ein Mensch „oben" sei?" und die Antwort lautete: „Man erkennt es daran, daß er die Füße auf dem Erdboden und den Kopf nach dem Himmel gerichtet hat". Da überall auf der Erde sich dies in gleicher Weise zeigen muß, so, lehrten sie nun folgernd, ist man überall auf der Erdoberfläche

„oben", überall hat man die Füße auf dem Erdboden und den Himmel über seinem Haupte.

Welche Punkte und Linien hat man an dem über dem Horizonte befindlichen Himmelsgewölbe bestimmt?

An dem scheinbaren Himmelsgewölbe bestimmte man den Scheitelpunkt, die Scheitelkreise, die Höhenkreise, den Ortsmeridian, den Ersten Vertikal, den Himmelsäquator, die Parallelen des Himmelsäquators und die Stundenkreise.

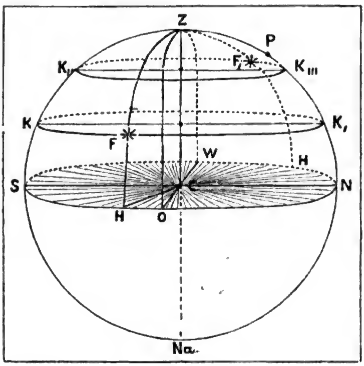


Fig. 31.

Das Zenith oder der Scheitelpunkt, in lotrechter Richtung über dem Haupte des Beobachters, ist die Mitte des über dem Horizont befindlichen Teiles der Innenfläche der scheinbaren Himmelskugel. Die aus dem Zenith durch den Standpunkt des Beobachters, Mittelpunkt der Erde, und den Standpunkt der Antipoden bis in den Himmelsraum verlängerte gerade Linie zeigt das Nadir, den Fußpunkt (Fig. 31 Z und N).

Das Nadir steht in der Mitte des unter dem Horizonte liegenden Himmelsraums. Der Himmelsraum wird sowohl

durch den scheinbaren als auch durch den astronomischen Horizont halbiert. Die Entfernung dieser beiden parallel liegenden Ebenen von einander ist, im Verhältnis zu der Entfernung der in der Vorstellung scheinbaren kugelförmigen Begrenzung des Himmelsraums verschwindend klein. Durch diese Halbierung entsteht die nördliche Hälfte des Himmelsraums über und die südliche Hälfte desselben unter dem Horizonte.

Die Scheitelkreise oder Vertikalkreise werden als Viertelkreisbögen (Bögen von je 90 Grad) aus dem Scheitelpunkt senkrecht auf den Horizontkreis gestellt (Fig. 31 ZFH). Wenn man einen solchen Scheitelkreis zu dem Südpunkte des Horizontes führt (ZKS), und dann in der Richtung von Süd durch Ost, Nord und West bis wieder zu Süd Scheitelkreise in der Entfernung von je 1 Grad bildet, so entstehen 360 Scheitelkreise, von welchen der des Südpunktes mit 0 Grad, der des Ostpunktes (ZO) mit 90 Grad, der des Nordpunktes (ZN) mit 180 Grad, und der des Westpunktes (ZW) mit 270 Grad bezeichnet werden.

Die Höhenkreise oder Almukantharate werden parallel zum Horizontkreise, von diesem ab nach dem Scheitelpunkte hin, gebildet (KFK_1). Es erscheinen diese Höhenkreise desto kleiner, je höher sie über dem Horizonte liegen, bis sie im Scheitelpunkte selbst zu einem Punkte werden.

In welcher Weise geschieht die Angabe des Ortes eines über dem Horizonte sichtbaren Gestirnes?

Es ist bereits mitgeteilt worden, daß die Scheitelkreise senkrecht auf dem Horizontkreise stehen. Diejenigen Punkte, in welchen die Scheitelkreise mit dem Horizontkreis zusammentreffen, heißen Fußpunkte der Scheitelkreise (Fig. 32 H für Stern F). Wenn nun durch irgend ein Gestirn ein Scheitelkreis gelegt wird, so trifft der Fußpunkt dieses Scheitelkreises den Horizontkreis an irgend einem Orte, welcher vom Südpunkt eine bestimmte Entfernung hat. Diese Entfernung, das Azimuth des Gestirnes, wird in

Graden, Minuten und Sekunden angegeben, und es ist dasselbe entweder östliches oder westliches Azimuth (Fig. 32 SH). Die Entfernung eines Gestirns vom Horizont aufwärts in seinem Scheitelkreise, gemessen nach Graden, Minuten, Sekunden, ergiebt die Höhe desselben (Fig. 32 HF). Jedes Gestirn steht momentan in irgend einem Parallelkreise des Horizontes, und da durch die Lage desselben die Höhe des Gestirns angezeigt ist, so haben die Parallelkreise auch den Namen Höhenkreise erhalten.

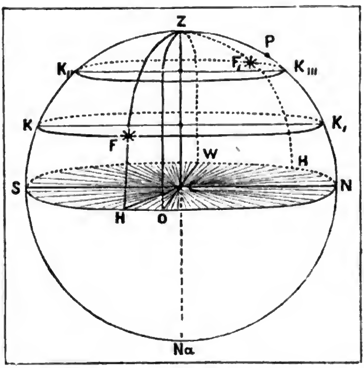


Fig. 32.

Die Höhe eines Gestirns kann aber auch durch Zenithdistanz, Abstand vom Scheitelpunkt, angezeigt werden (Fig. 32 ZF). Höhe und Zenithdistanz betragen zusammen stets 90 Grad; wenn daher z. B. die Höhe 25 Grad 20 Minuten beträgt, so ist die Zenithdistanz 64 Grad 40 Minuten, und bei Zenithdistanz 42 Grad 45 Minuten ist die Höhe 47 Grad 15 Minuten.

Alle Gestirne, welche im Augenblicke der Beobachtung in einem und demselben Höhenkreise stehen, haben gleiche Höhe, und alle Gestirne, welche ebenfalls im Augenblicke

der Beobachtung in einem und demselben Scheitelkreise stehen, haben gleiches Azimuth, beides gilt aber nur für die Zeit der Beobachtung.

Durch Angabe des Azimuths und der Höhe eines Gestirns ist für den Zeitpunkt, auf welchen diese Angabe sich bezieht, der Ort dieses Gestirns über dem Horizont bestimmt.

Was versteht man unter Mittagskreis und Erstem Vertikal?

Derjenige Scheitelkreis, welcher im Südpunkt fußt, enthält die Lage des Ortsmeridians oder des Mittagskreises des Orts (Fig. 32 SZN). Derselbe teilt den über dem Horizont befindlichen Himmelsraum in die östliche oder Morgenhälfte und die westliche oder Abendhälfte: er ist als Mittagskreis die Grenze zwischen Morgen und Abend. Es erscheint demnach ein Gestirn, welches für den Augenblick der Anschauung nicht im Meridian steht, am östlichen oder am westlichen Himmel.

Der erste Vertikal ist ein Scheitelkreis, welcher im Ostpunkt fußt. Die Fortführung dieses Scheitelkreises über das Zenith verbindet ihn mit dem im Westpunkt fußenden Scheitelkreise (Fig. 32 OZW). Durch diesen Halbkreis wird der Himmel in die südliche und die nördliche Hälfte geteilt. Diese Teilung mit der im vorhergehenden genannten zusammengestellt, ergiebt vier Abteilungen des über dem Horizont befindlichen Himmelsraums. Es erscheint daher ein Gestirn entweder am südöstlichen, oder am südwestlichen, oder am nordwestlichen, oder am nordöstlichen Himmel, wenn es nicht zufällig das Zenith, oder den Meridian, oder den Ersten Vertikal im Augenblicke der Beobachtung durchschreitet. Die auf der Ebene des Horizontes senkrecht stehende Ebene des Ortsmeridians trifft, nach dem Erdinnern erweitert, die Achse der Erde, so daß diese Achse in der Ebene dieses Meridians liegt. Da nun die Erdachse ein Teil der geraden Linie ist, welche vom Nordpol des Himmels zum Südpol desselben reicht (der Himmelsachse), so liegt auch der Himmelspol in der Ebene des Ortsmeridians,

der Nordpol über dem Horizonte auf der nördlichen, der Südpol über dem Horizonte auf der südlichen Erdhälfte. Alle Punkte, welche im Meridian sind, befinden sich in der Grenze zwischen Osten und Westen, also auch der Pol des Himmels. Der Ort des Himmelspoles über dem Horizont ist für jeden Horizont unveränderlich immer derselbe (Fig. 33 P und P1).

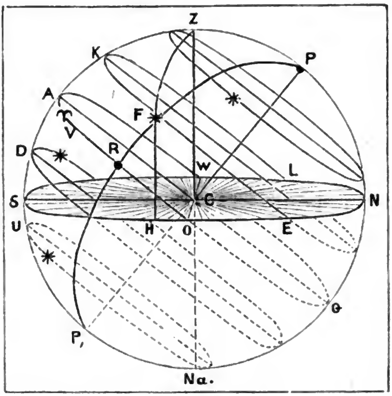


Fig. 33.

Was versteht man unter dem Himmelsäquator?

Wenn man die Ebene des Erdäquators nach allen Richtungen hin erweitert, so schneidet dieselbe das scheinbare Himmelsgewölbe in einem größten Kreise, und dieser wird Himmelsäquator genannt. Annähernd kann man die Lage des Himmelsäquators über jedem Horizont erkennen, wenn man am 21. März oder am 22. September den Tageslauf der Sonne verfolgt. Wenn man den dabei entstehenden Halbkreis am Himmel irgendwie bleibend sichtbar machen könnte, so würde man in ihm stets den Himmelsäquator erschauen (Fig. 33 O A W).

Wozu dient die Kenntnis der Lage des Himmelspoles über dem Horizont?

Sie dient zunächst zur Ermittelung der geographischen Breite. Bezeichnet Fig. 34 G den Standpunkt des Beobachters, Z sein Zenith, P den nördlichen Himmelspol, A W G O die Ebene des Äquators, W S O N aber die Ebene des Horizontes, so ist PN die Polhöhe des Punkts G. Es ist aber Bogen PN + Bogen Z P = 90° und ebenso Bogen A Z + Z B = 90°, daher Bogen PN = Bogen AZ. Letzterer

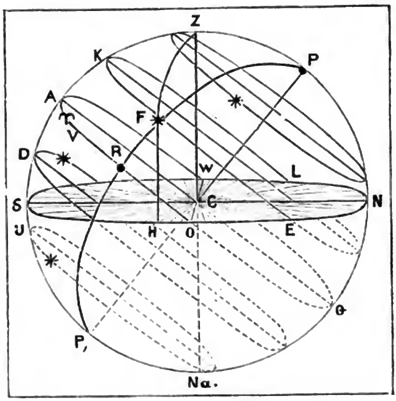


Fig. 34.

ist aber gleich der geographischen Breite von G, daher sind Polhöhe und geographische Breite gleich.

Sind die Polhöhen auf der Erdoberfläche unveränderlich?

In aller Strenge ist dies nicht der Fall, vielmehr haben die neuesten Untersuchungen gezeigt, daß gewisse Schwankungen der Polhöhe vorkommen, verursacht durch Veränderungen in der Lage der Drehungsachse der Erde. Diese Schwankungen erreichen jedoch nur Bruchteile der Bogensekunde und sind

daher nur in den genauesten Messungen erkennbar. Auch sind sie in eine Periode von kurzer Dauer eingeschlossen.

Was versteht man unter Stundenkreisen?

Der Himmelspol ist ein fester Punkt über dem Horizont, und der Himmelsäquator hat eine unveränderliche Lage über demselben.

Aus dem Himmelspol legt man nun Bögen größter Kreise senkrecht auf den Himmelsäquator, sowohl nach der Hälfte desselben, welche über, als auch nach der Hälfte desselben hin, welche unter dem Horizont ist. Diese Bögen werden so weit geführt, bis sie den Horizontkreis treffen. Derjenige Bogen, welcher in den Südpunkt des Horizontes trifft, hat die Lage des Ortsmeridians. Man nennt die aus dem Himmelspol senkrecht auf den Himmelsäquator gelegten Bögen: Stundenkreise. In Fig. 35 sind die Stundenkreise P S, P D, P E u. s. w. je 15 Grad von einander entfernt.

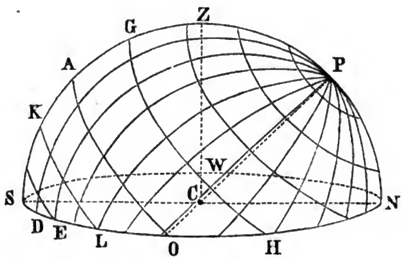


Fig. 35.

Was versteht man unter Parallelkreisen des Äquators?

Parallel zu dem Himmelsäquator werden Kreise sowohl nördlich als auch südlich je einen Grad von einander entfernt gelegt. Diese Kreise erscheinen desto kleiner, je weiter

sie von dem Äquator entfernt sind. Sie heißen **Parallelkreise des Himmelsäquators.**

Durch die Darstellung der **Parallelkreise des Himmelsäquators** und der **Stundenkreise** entsteht abermals ein **festliegendes Gradnetz** über dem Horizont, welches zu Ortsbestimmungen der Gestirne dient. In Fig. 35 sind GH u. s. w. nördliche, KL u. s. w. südliche Parallelkreise, je 18 Grad von einander entfernt.

Vierter Abschnitt.

Die Größe und Gestalt der Erde.

Welches ist die genauere Gestalt der Erde?

Die Erde hat nicht genau die Gestalt einer Kugel, sondern ist an den beiden Umdrehungspolen etwas abgeplattet, sie besitzt die Gestalt eines Sphäroids.

Welche Größenangaben dienen zu der Erforschung der Abweichung der Erdgestalt von vollkommner Kugelform?

Um die Abweichung der Erdgestalt von der Kugelform zu erkennen, muß man die Krümmung der Erdoberfläche an möglichst vielen Orten erforschen. Man wählt zu diesen Forschungen Meridiane und Parallelen des Äquators, indem man vorläufig diese Linien als die Erde umschließende Kreise betrachtet. Behufs Untersuchung der Krümmung der Meridiane wurden Messungen nahe am Äquator, in mittlerer geographischer Breite, und so weit als möglich dem Nordpole genähert, ausgeführt. Würde sich dadurch ergeben haben, daß alle einzelnen Grade der Meridiane und des Äquators sämtlich gleich große Strecken auf der Erdoberfläche umfassen, so würden diese um die Erde gelegten Linien sämtlich gleich große Kreise sein und man würde die Erde als vollkommen kugelförmig gestaltet zu betrachten haben.

In betreff der Parallelen ist zu bemerken, daß die einzelnen Grade in ihren linearen Größen nach der geographischen Breite, welche dieselben einnehmen, zu beurteilen sind. Jede dieser um die Erde parallel zu dem Äquator gelegten Kreislinien ist desto kleiner, je weiter dieselbe vom Äquator entfernt ist. In demselben Verhältnisse, in welchem diese Linien (Parallelkreise, Breitenkreise) jede kleiner als der Äquator ist, müssen auch die Strecken der Grade bei jeder derselben kleiner als die Strecken der Äquatorgrade sein. In jedem Parallelkreise müssen ferner die einzelnen Grade desselben gleich große Strecken enthalten, wenn die Erde vollkommene Kugelgestalt haben soll. Aus den Messungen hat sich jedoch ergeben, daß weder in den Meridianen, noch im Äquator, noch in den Parallelen desselben in der angegebenen Weise vollkommene Gleichheit stattfindet, woraus gefolgert wird, daß die Erde vollkommene Kugelgestalt nicht besitzt. Im allgemeinen werden aber doch die Bezeichnungen: Breiten*kreis*, Meridian*kreis* und auch Längen*kreis* in Anwendung gebracht.

Diese die Erde umschließenden Linien werden auch an den Himmel versetzt, indem man sich vorstellt, es befinde sich das Auge eines Beobachters im Mittelpunkt der Erde und verfolge diese Linien in ihrem Verlaufe, so daß dieselben am Himmel projiziert erscheinen, woselbst sie nun als vollkommene Kreise aufzufassen sind.

Was versteht man unter Gradmessungen?

Unter Gradmessungen versteht man Messungen von Bögen auf der Erdoberfläche, welche dazu dienen, die Größe und Gestalt der Erde zu ermitteln. Man hat zu diesem Zwecke zwischen zwei Punkten die Größe des Bogens am Himmel, um welchen sie von einander entfernt sind, zu bestimmen, sodann den linearen Abstand in Metern oder einem sonstigen Maßstabe. Der erste Teil dieser Aufgabe erfordert astronomische, der andere trigonometrische oder allgemeiner ausgedrückt geodätische Arbeiten. Die Messungen

selbst können entweder in der Richtung des Meridians ausgeführt werden und man bezeichnet sie dann als Meridiangradmessungen oder Breitengradmessungen, oder in der Richtung der Parallelkreise, wodurch Längengradmessungen zu stande kommen.

Welches Verfahren dient zur Bestimmung der Richtung und Winkelgröße der Bogen?

Zu der Bestimmung der Bogengröße kann entweder ein nahe dem Zenith stehender Stern oder der Ort des Himmelspoles benutzt werden. Die Benutzung eines Zenithsternes wird aber der Benutzung des Polortes vorgezogen, weil in der Nähe des Zenithes der Einfluß der Brechung der Lichtstrahlen (der Refraktion) wegfällt.

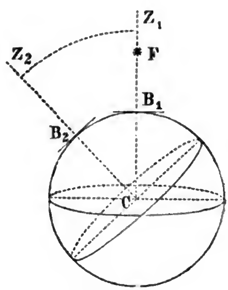


Fig. 36.

Wenn bei Meridiandurchgang an einem Ort B_1 der Erde (Fig. 36) ein Stern (F) im Zenith (Z_1) erscheint, an einem andern auf demselben Erdmeridian befindlichen Orte (B_2) dabei vom Zenith (Z_2) entfernt ist, so ist die Größe dieser Entfernung dem Winkelabstand ($Z_1 C Z_2$) des einen Ortes von dem andern gleich. Es ist nun aber nicht erforderlich, daß der betreffende Stern an ersterem Orte genau im Zenith bei dem Meridiandurchgange stehe, es ist genügend, für beide Orte den Abstand des Sternes vom Zenith bei dem Meridiandurchgange zu messen, der Unterschied dieser Abstände giebt ebenfalls an, wie weit in Bogenmaß diese Orte von einander abstehen.

Bei der Anwendung des Poles zu Erforschung des Winkelabstandes zweier auf demselben Erdmeridian liegenden Orte kommt in Betracht, daß die Höhe des Poles über dem Horizonte eines Ortes der geographischen Breite dieses

Ortes gleich ist. Da nun der Winkelabstand dieser Orte dem Unterschiede der geographischen Breiten derselben gleich ist, so ist in dem Unterschiede der Polhöhen an den beiden Orten der Winkelabstand derselben gegeben.

Wie wird die lineare Messung der Bögen ausgeführt?

Die lineare Messung, welche in den Bereich der Geodäsie gehört, wird entweder durch Ketten- und Stangenmessung (Meßrute), oder durch Triangulierung ausgeführt.

Bei der Ketten- und Stangenmessung auf horizontaler Ebene in der Meridianrichtung wird die ihrer Länge nach bekannte Kette oder Stange, soweit als die Messung erfolgen soll, immer um ihre Länge weiter fort gelegt. Diese Anlegung muß natürlich mit der größten Sorgfalt ausgeführt werden, um die Anhäufung der unvermeidlichen Fehler so klein als möglich zu machen. Bei Abweichung von der horizontalen Linie muß ferner die gefundene Länge auf diese reduziert werden, wozu eine trigonometrische Berechnung erforderlich ist. Die Summe der einzelnen Legungen der Kette oder Stange (Meßrute) multipliziert mit der Länge der benutzten Meßrute ergiebt die lineare Größe des gemessenen Bogens. In nur wenigen Fällen ist indessen dieses Verfahren zu den Ausmessungen größerer Bögen geeignet. Die Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche verursachen Schwierigkeiten in der Ausführung, welche leicht sehr fehlerhafte Resultate veranlassen. Man hat daher schon seit Anfang des 17. Jahrhunderts die Methode der Triangulierung bei Ausmessung größerer Entfernungen in Anwendung gebracht.

Worin besteht die Methode der Triangulierung?

Bei der Triangulierung wird nur eine verhältnismäßig kurze Strecke, die Basis, vermittelst der Meßrute an dazu besonders geeignetem Orte gemessen, alles übrige aber durch Winkelmessung und Berechnung gefunden. In der Nähe der Linie des Bogens, welche gemessen werden soll, wählt man erhöhte Standorte, so daß man in zusammenhängender

Folge von jedem Orte wenigstens zu den beiden zunächst gelegenen Orten visieren kann, um die Winkel, welche diese Gesichtslinien mit einander bilden, zu ermitteln. Hieraus entstehen Dreiecke, deren Seitenlängen man nach den Regeln der Trigonometrie berechnet, wobei man mit demjenigen Dreiecke, in welchem die direkt gemessene Strecke oder Basis enthalten ist, beginnt.

Zur Veranschaulichung der Triangulierung dient Fig. 37. Es seien A, B, C und D vier Punkte in dem zu messenden Bogen; E, F und G seien Punkte nicht sehr fern von diesem Bogen. Die gerade Linie AE, welche Strecke nicht in dem Bogen liegt, sei die mit der Meßrute gemessene Basis. Alle Winkel in den Punkten, welche in der Figur bei den

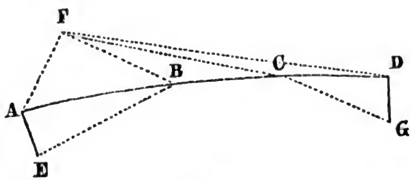


Fig. 37.

Buchstaben durch punktierte Linien angegeben sind, können gemessen werden, sind daher ihrer Größe nach bekannt. Nun ist in dem Dreieck AEB die Basis AE gemessen, demnach die Länge derselben bekannt. Hieraus berechnet man die Seite AB. Dadurch nun, daß die Länge AB bekannt ist, läßt sich in dem Dreieck ABF die Seite BF berechnen. Durch das Bekanntsein der Länge von BF wird die Berechnung des Dreiecks BFC möglich, wodurch man die Länge von BC erhält ꝛc. Man findet die Teile des Bogens AB, BC, CD allmählich. Zu größerer Sicherheit mißt man eine zweite Basis DG und macht die Messung und Berechnung zu Prüfung der ersten Berechnung rückwärts.

Es sind in diesem Beispiele die Orte B und C als in dem zu messenden Bogen liegend angenommen worden, um im allgemeinen das Verständnis des Verfahrens der Triangulierung zu erleichtern. Es können auch alle Visierorte außer der Bogenlinie liegen, die Berechnung erfolgt in ähnlicher Weise; man hat dann zum Abschluß der Berechnung einige Linien in ihrer Lage zur Mittagslinie zu berücksichtigen und darauf bezügliche Dreiecksberechnungen auszuführen.

Erwähnt mag noch sein, daß die Visierorte in den meisten Fällen nicht gleich hoch über der Horizontebene liegen, wodurch es notwendig wird, Reduktionen auf den Horizont, ebenfalls durch trigonometrische Rechnungen, vorzunehmen.

Da die Winkelmessungen nicht auf einer Ebene, sondern auf der kugelförmigen Erdoberfläche ausgeführt werden, so kann man die Berechnung der Seitenlänge der Dreiecke nicht nach den Regeln der ebenen Trigonometrie ausführen, sondern bedarf dazu der sphärischen Trigonometrie. Streng genommen reicht auch diese nicht aus, da die Dreiecke nicht auf einer Kugel, sondern auf einem Sphäroid liegen und letzteres sogar auch erst bestimmt werden muß. Aus diesen Gründen ist die Berechnung einer Gradmessung äußerst schwierig und umfangreich und erst im gegenwärtigen Jahrhundert ist man der theoretischen Schwierigkeiten, welche die Ableitung der Rechnungsvorschriften darbietet, vollkommen Herr geworden.

In welcher Weise finden die Messungen der Grade eines Parallels statt?

Die Messungen im Äquator und in den Parallelen werden im allgemeinen ebenso ausgeführt wie die Messungen in den Meridianen. Auch hier fällt die dazu erforderliche Bethätigung einesteils in das Gebiet der Astronomie, andernteils in das Gebiet der Geodäsie.

Die Astronomen erzielen, daß der zu messende Bogen genau im Äquator oder in einem und demselben

Parallel liege; dann bestimmen sie die Größe desselben in Graden, Minuten und Sekunden. Ersteres wird durch Erforschung der gleichen geographischen Breite erreicht; die Größe des Bogens wird aber durch Unterschiede der Ortszeiten gemessen. Über diese Verschiedenheit der Ortszeiten wird in einer der nachfolgenden Besprechungen ausführliches mitgeteilt werden.

Die Geodäten haben zu den Messungen im Äquator und in den Parallelen dasselbe Verfahren anzuwenden, welches bei den Messungen in den Meridianen angewendet wird und bereits erörtert worden ist. Die Ermittelung der linearen Größe der Grade der geographischen Länge am Äquator und in verschiedenen geographischen Breiten erfolgt in gleicher Weise wie bei den Breitengradmessungen durch genaue Ausmessung der Länge und Basis und Triangulation.

Wann hat man begonnen, auf der Erdoberfläche Gradmessungen vorzunehmen?

Die ersten derartigen Messungen wurden nicht in der Absicht vorgenommen, die Abweichung der Erdgestalt von der Kugelform zu erforschen, sondern man beabsichtigte den Umfang der Erde zu ermitteln, um aus dem erforschten Umfang den Durchmesser, die Oberfläche und den Körperinhalt der Erde zu berechnen.

Aristoteles (im 4. Jahrh. v. Chr.) erzählt, daß die Mathematiker es unternommen haben, die Größe der Erde zu messen, und daß sie den Umkreis derselben 400 000 Stadien gefunden.

Diogenes Laertius (im 3. Jahrh. n. Chr.) berichtet, daß Anaximander von Milet (um 550 v. Chr.) zuerst den ganzen Umfang von Land und Meer der Erde angegeben habe. Möglicher Weise bezieht sich hierauf die Nachricht des Aristoteles. Auch wird dem Anaximander zugeschrieben, daß er einen Globus und zuerst eine Landkarte gefertigt habe.

Horaz (im 1. Jahrh. v. Chr.) nennt Archytas von Tarent (im 4. Jahrh. v. Chr.) einen „Erdmesser“, und sagt ferner, es sei demselben kein Schutz gegen den Tod gewesen, daß er sich bis an die Sterne gewagt und im Geiste den Pol umkreist habe.

Strabo (ein griechischer Schriftsteller im 1. Jahrh. n. Chr.) teilt mit, daß Eratosthenes (im 3. Jahrh. v. Chr.), der Vorsteher der berühmten Bibliothek zu Alexandrien, den Umfang der Erde gemessen und als solchen die Größe von 252000 Stadien erhalten habe. Plinius der ältere (ein römischer Schriftsteller im 1. Jahrh. n. Chr.) und Censorinus (ein römischer Schriftsteller im 3. Jahrh. n. Chr.) berichten ebenfalls über diese Erdmessung und geben das gleiche Resultat an.

Kleomedes (ein griechischer Schriftsteller im 5. Jahrh. nach Chr.) macht die Mitteilung, es sei dem Eratosthenes bekannt geworden, daß die Sonne an dem Tage im Jahre, an welchem sie ihren höchsten Stand über dem Horizont habe, zu Syene am Mittage bis auf den Grund eines sehr tiefen Brunnens scheine, mithin daselbst im Zenith stehe. An demselben Tage des Jahres maß nun Eratosthenes am Mittage den Stand der Sonne über dem Horizont von Alexandrien, um zu ermitteln, wie weit die Sonne an diesem Ort vom Zenith entfernt sei. Er benutzte zu dieser Messung ein Skapha, eine Sonnenuhr, welche halbkugelförmig ausgehöhlt ist, in der Mitte der Aushöhlung einen senkrechten Stift, und um denselben Kreise in Gradentfernungen eingezeichnet enthält, so daß man, durch den Ort des Endes des Stiftschattens in diesen Kreisen, die Entfernung der Sonne vom Scheitelpunkt des Beobachtungsortes ablesen kann. Er fand diese Entfernung: 7 Grad 12 Minuten. Diesen Bogen, welcher 50 Mal im Umkreise, in 360 Grad, enthalten ist, erkannte er als den Abstand Alexandriens von Syene, und er nahm an, diese beiden Orte seien unter gleichem Meridian gelegen. Von Reisenden war ihm mitgeteilt worden, es sei Syene von Alexandrien 5000 Stadien

entfernt. Hiernach berechnete er den Umfang der Erde zu 50 Mal 5000 d. i. 250 000 Stadien. Dieses Ergebnis weicht um 2000 Stadien von Strabos Angabe ab.

Hipparchus, dessen astronomische Thätigkeit in die Zeit von 160—125 v. Chr. fällt, bestimmte den Erdumfang zu 263 000 Stadien.

Posidonius, Philosoph und Astronom zu Rhodus (im 1. Jahrhundert v. Chr.), benutzte zu der Messung der geographischen Breiten von Rhodus und Alexandrien einen sehr hellen Stern am südlichen Himmel, den Stern Canopus, welcher im Sternbilde des Schiffes Argo steht. Dieser Stern erschien zu Rhodus nur kurze Zeit über dem Horizonte, er verschwand ohne höher aufzusteigen sogleich wieder. Posidonius nahm daher an, daß für Rhodus die Höhe dieses Sternes gleich Null zu setzen sei. Zu Alexandrien erhob sich dieser Stern 7½ Grad über den Horizont. Hieraus wurde gefolgert, daß der Bogen von Alexandrien bis Rhodus 7½ Grad betrage. Die Entfernung von Alexandrien bis Rhodus wurde zu 5000 Stadien angenommen. In 360 Grad sind 7½ Grad 48 mal enthalten; daher ist der Umfang der Erde 48 mal so groß, als der Abstand dieser beiden Orte von einander, 48 mal 5000, d. i. 240 000 Stadien. Da jedes Gestirn im Horizonte einen höhern Stand durch die Refraktion (Strahlenbrechung in der Luft) erhält, als es ohne diese haben würde, und da Posidonius die Refraktion nicht kannte, so wurde von ihm der Bogenabstand Alexandriens von Rhodus größer erachtet, als derselbe thatsächlich ist. Die Entfernung von Alexandrien bis Rhodus hatte daher einen kleineren Bogen als 7½ Grad und es war mithin derselbe mehr als 48 Mal im Kreise (in 360 Grad) enthalten. Er hätte daher, die Entfernung zu 5000 Stadien angenommen, nicht mit 48, sondern mit einer größern Zahl multiplizieren müssen, um die Größe des Kreises, welcher den Erdumfang darstellt, zu erhalten. Überdies ist zu erwähnen, daß Alexandrien und Rhodus nicht unter gleichem Meridian liegen.

Auf Anordnung des Kalifen Abed el Mamum wurde von dazu erwählten Astronomen in der Ebene Zindschar, längs der Küste des Arabischen Meerbusens, im Jahre 827 nach Chr. ein 2 Grade enthaltender Bogen eines Meridians unmittelbar linear gemessen. Die Messung wurde aus der Mitte dieses Bogens nach beiden Richtungen hin ausgeführt. Der nördliche Grad wurde 56, der südliche 56²/₃ arabische Meilen lang gefunden. Das letztere Ergebnis wurde als das richtige angenommen. Die Größe der damaligen arabischen Meilen ist nicht sicher bekannt. Die neuesten hierüber angestellten Forschungen lassen vermuten, daß durch diese Messung der Umfang der Erde zu etwa 5700 Meilen sich ergebe.

Wodurch wurde verursacht, daß in der langen Zwischenzeit keine Gradmessungen ausgeführt wurden?

Ptolemäus, Astronom zu Alexandrien im 2. Jahrh. n. Chr., welcher durch die Zusammenstellung aller damals bekannt gewordenen Ergebnisse astronomischer Forschungen in einem großen Werke, durch die Anfertigung einer Geographie und durch das Entwerfen geographischer Karten berühmt geworden ist, war der letzte in der Reihe der griechischen Gelehrten, welche ununterbrochen den Fortgang der Wissenschaften förderten. Griechenland geriet in Verfall und die Römer waren nicht geeignet, den Charakter der griechischen Wissenschaft in sich aufzunehmen, um in gleicher Richtung die Forschungen fortzusetzen. Die Araber eigneten sich den Schatz griechischer Wissenschaft an, und auf diese gestützt erreichte schnell ihre geistige Kultur eine beträchtliche Höhe. Erst nach langer Zeit wurden die auf die Natur bezüglichen Wissenschaften wieder aus Asien nach Europa verpflanzt. Nur in Spanien war in der Zwischenzeit unter der Herrschaft der Mauren noch Regsamkeit im Bereiche der Naturwissenschaften vorhanden. Bei diesem allgemeinen Stillstand im naturwissenschaftlichen Bereiche wurden auch in Bezug auf Erdumfang keine Untersuchungen angestellt.

Wann beginnen in Europa wieder die Forschungen in betreff der Größe der Erde?

Jean Fernel in Frankreich, Arzt und Mathematiker, maß 1525 einen Gradbogen zwischen Paris und Amiens und erhielt 57070 Toisen als lineare Größe desselben. Fernel benutzte zu der linearen Messung ein Hodometer (Wegmesser) in Form eines Wagens. Der Umfang eines Wagenrades hatte eine bestimmte Länge und aus der Anzahl der Umdrehungen desselben auf dem Weg von Paris bis 1 Grad weiter nordwärts berechnete er die Länge dieser Strecke. Diese Art der Messung enthält keine Bürgschaft für Richtigkeit und Lalande sagt, es könne nur durch Fehler, welche gegenseitig sich aufheben, entstanden sein, daß das Ergebnis der Wahrheit so nahe komme.

Willebrord Snellius, Mathematiker zu Leiden, bestimmte 1615 die lineare Größe eines Bogens von 1 Grad 11 Minuten 30 Sekunden durch Triangulierung. Er maß als Basis eine 360 rheinl. Ruten lange gerade Linie zwischen Leiden und Soeterwoud und nahm hierbei die Richtung von Alkmaar über Leiden nach Bergen op Zoom. Er fand die Länge dieses Bogens 34618 rheinl. Ruten und berechnete, nach Verbesserungen, hieraus die Länge eines Meridiangrades daselbst zu 28500 rheinländische Ruten. Muschenbroek, Mathematiker zu Leiden in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts, revidierte die Rechnung und erhielt als Größe des Grades 29514 rheinl. Ruten, welche 57033 Toisen betragen. Snellius hat also zuerst die Triangulierung bei der Gradmessung in Anwendung gebracht, und es ist dieselbe nach seinem Vorgange in neuerer Zeit allgemein in Gebrauch gekommen.

Norwood, Mathematiker in England, bestimmte 1638 den Bogenabstand Londons von York, fand denselben 2 Grad 28 Minuten, maß sorgfältig die lineare Entfernung Londons von York und berechnete hieraus die Länge eines Grades in dieser Breite zu 57300 Toisen.

Riccioli, Theolog und Mathematiker, erhielt aus Messungen bei Modena, welche er unter Beihilfe Grimaldis 1654 ausführte, als Größe eines Grades in dieser Breite 63159 bononische Schritt, welche Entfernung Cassini auf 61478 Toisen berechnete. Riccioli brachte bei der Messung die Triangulierung in Anwendung, und es mögen wohl unvollkommene Instrumente und Nichtberücksichtigung der Refraktion die beträchtliche Abweichung dieser Angabe von der Wahrheit verursacht haben.

Auf Verordnung Ludwigs XIV. führte Picard, Mitglied der französischen Akademie, 1670 eine Messung im Pariser Meridian für die geographische Breite von 49 Grad aus und erhielt 57057 Toisen als Größe eines Grades daselbst.

J. Dominicus Cassini, von Geburt ein Italiener und von 1690 an Direktor der neuerbauten Sternwarte zu Paris, fand 1702 aus Messung von 6 Graden die Größe des südwärts von Paris gelegenen Grades 57097 Toisen.

Jacob Cassini, Sohn und Nachfolger im Amte des Vorigen, maß 1718 nordwärts von Paris bis Dünkirchen und erhielt aus der Gesamtmessung als Größe eines Grades in diesem Bogen 57061 Toisen.

Durch Vermessungsfehler waren die südlichen Grade linear größer gefunden worden als die nördlichen und daraus war von französischen Gelehrten gefolgert worden, daß die Erde ein nach den Polen hin längliches Sphäroid sei, während die Newtonsche Gravitationstheorie ein unter den Polen abgeplattetes Sphäroid als Erdform aufstellte. Dies veranlaßte einen Streit zwischen den französischen Akademikern und Newton nebst den Anhängern desselben, welcher jedoch schließlich zu Gunsten Newtons entschieden wurde, indem nach wiederholten verbesserten Messungen auch die Akademiker die Richtigkeit der von Newton nach den Gravitationsgesetzen bestimmten Gestalt der Erde anerkannten.

Welche Messungen dienten, den Streit zwischen Newton und den französischen Akademikern über die Gestalt der Erdoberfläche zu entscheiden?

Auf Vorschlag der Pariser Akademie wurden nach Verordnung Ludwigs XV. Meridiangradmessungen in der Nähe des Äquators und möglichst weit nördlich unternommen. Die Messungen im Süden leitete der Akademiker Bouguer, die nördlichen wurden unter Leitung des Akademikers Maupertuis ausgeführt. Die Messungen wurden 1735 begonnen. Maupertuis hatte bereits 1737 die Messung bei Torneå, in 66° 48′ nördlicher Breite, vollendet und er erhielt für die Länge eines Grades daselbst 57422 Toisen. Bouguer hatte bei seinen in Quito begonnenen drei Meridiangrade umfassenden Messungen mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen und konnte dieselben erst 1744 vollenden. Die Berechnung ergab für einen nahe am Äquator liegenden Meridiangrad 56753 Toisen. Durch die Ergebnisse dieser mit größter Sorgfalt und mit Benutzung der bereits gemachten Erfahrungen ausgeführten Messungen, welche eine Abplattung an den Polen der Erde erkennen ließen, fanden die französischen Akademiker sich veranlaßt der Newtonschen Auffassung beizutreten.

Welche Gradmessungen sind später ausgeführt worden?

Die Zahl der später ausgeführten Gradmessungen ist nicht gering, doch haben die meisten derselben, welche bis zu den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts ausgeführt wurden, nur noch historisches Interesse. So folgende:

Der französische Abt de la Caille berechnete nach den 1751 am Vorgebirge der guten Hoffnung von ihm veranstalteten Gradmessungen die Größe eines Meridiangrades unter 33 Grad südlicher Breite zu 57037 Toisen.

Boscovich erhielt 1755 durch Messungen in Italien als Größe eines Meridiangrades unter 43 Grad nördlicher Breite 56979 Toisen.

Beccaria maß 1768 bei Turin und fand unter 44 Grad 44 Minuten nördlicher Breite die Größe eines Meridiangrades 57 024 Toisen.

Liesgang stellte 1770 Messungen in der Nähe Wiens an und berechnete die Größe eines Meridiangrades unter 48 Grad 43 Minuten nördlicher Breite zu 57 086 Toisen.

Mason und Dixon führten Messungen in Pennsylvanien aus und erhielten 56 888 Toisen als Größe eines Meridiangrades unter 39 Grad 12 Minuten nördlicher Breite.

Barrow und Dalby veranstalteten Messungen in Bengalen und erhielten 56725 Toisen als Meridiangradgröße unter 23 Grad 18 Minuten nördlicher Breite.

Die wichtigste Gradmessung des vorigen Jahrhunderts wurde auf Veranlassung der französischen Nationalversammlung von Delambre, Méchain, Biot und Arago ausgeführt. Sie erstreckt sich von Dünkirchen bis zur Insel Formentera über einen Bogen von 12° 22′. In England wurde 1783 eine Triangulation begonnen, die, später von Colby und Airy fortgesetzt, sich über 10° 12′ ausdehnt und in Verbindung mit der eben genannten französischen Messung einen Bogen von 22° umfaßt, der sich von den Shetlands-Inseln bis zu den Balearen erstreckt. Eine sehr ausgedehnte Gradmessung ist in Ostindien ausgeführt worden. Sie wurde von Lambton 1802 begonnen, dann von Everest und Walker fortgeführt und umfaßt einen Bogen von 24 Grad. Die große russisch-skandinavische Messung, von Struve und Tenner ausgeführt, erstreckt sich vom Eismeer bis fast zum Schwarzen Meer über einen Bogen von 25° 20′. Auf Vorschlag des Generals Baeyer ist endlich eine Gradmessung ins Leben getreten, die ursprünglich von Drontheim bis Palermo als „mitteleuropäische Gradmessung“ geplant war, aber 1864 durch den offiziellen Beitritt aller europäischen Staaten (mit Ausnahme der Türkei) sich zu einer europäischen Gradmessung erweiterte. Dieselbe wird nicht nur unter einem, sondern unter verschiedenen Meridianen die Krümmung der

Erdoberfläche kennen lehren, außerdem steht mit ihr die 1857 von Struve zuerst angeregte Längengradmessung vom Ural bis zur Westküste Irlands in Verbindung. Selbst mit der afrikanischen Küste ist der trigonometrische Anschluß hergestellt. Die Arbeiten dieser europäischen Gradmessung sind noch bei weitem nicht abgeschlossen. Sie besitzt als leitendes Hauptorgan ein in Berlin domiziliertes Zentralbureau der europäischen Gradmessung, welches mit dem Preußischen geodätischen Institut verbunden ist. Außer den genannten großen Messungen sind auch kleinere Gradmessungen ausgeführt worden, darunter einige, wie die von Gauß geleitete hannoversche Messung (1821—24), sowie die preußische Messung durch Bessel (1831—34), von größter Wichtigkeit wegen der dabei erreichten praktischen Genauigkeit und theoretischen Feinheit. Diese beiden Messungen umfassen aber nur Bögen von 2° resp. 1½° und können daher bezüglich der Werte für die Größe und Gestalt der Erde nur eine geringe Bedeutung beanspruchen.

Welches sind die gegenwärtigen Anschauungen über die genaue Gestalt der Erde?

Auf Grund der genauesten Messungen und theoretischen Untersuchungen ist anzunehmen, daß die Gestalt der Erde, besonders die Oberfläche des Weltmeeres, nur wenig von derjenigen eines an den Polen abgeflachten Sphäroids oder eines Rotationsellipsoids abweicht, dessen kleinere Achse mit der Umdrehungsachse der Erde zusammenfällt. Man nennt die Erdoberfläche, wie sie durch die Fläche des ruhenden, nur der Schwerkraft unterworfenen Meeres bestimmt wird, das Geoid, im Gegensatz zur wirklichen physischen Erdoberfläche. Die Abweichungen beider von einander bestehen hauptsächlich in geringen, stetigen Ein- und Ausbiegungen des Geoids gegen das Ellipsoid. Durch die Messungen und Rechnungen der Astronomen und Geodäten wird die dem Geoid sich möglichst genau anschließende oder von Verbiegungen freie Oberfläche der Erde, das Normalsphäroid,

bestimmt und dieses fällt praktisch mit dem Rotationsellipsoid zusammen.

Wie wird die Abplattung der Erde bezeichnet?

Man versteht unter Abplattung den Unterschied zwischen dem äquatorialen und polaren Durchmesser in Teilen des ersteren ausgedrückt. Wenn z. B. bei der Erde der Äquatordurchmesser 1720 Meilen, und der Polardurchmesser 1714 Meilen betrüge, so würde der Unterschied 6 Meilen und die Abplattung $\frac{6}{1720}$, oder nahebei $\frac{1}{287}$ sein. Die verschiedenen Messungen haben etwas verschiedene Werte für die Abplattung der Erde ergeben. Bessel fand dafür $\frac{1}{299}$, Clarke $\frac{1}{300}$, andere Bestimmungen lieferten einen Wert von $\frac{1}{289}$ und dieser scheint der Wahrheit sehr nahe zu kommen.

Welche Beziehung hat das Meter zur Größe der Erde?

Das Meter soll nach der ursprünglichen Anordnung des französischen Nationalkonvents gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, der zehnmillionte Teil der Länge des Erdquadranten vom Äquator zum Pol sein. Um diese Länge genau zu ermitteln wurde die große französische Gradmessung von Dünkirchen bis Formentera ausgeführt. Nach den französischen Dekreten vom 7. April 1795 und vom 9. Dezember 1799 ist die Länge des Meters bei 0° C. Temperatur auf 443.296 Pariser Linien festgestellt worden. Nach späteren Ermittelungen, zuerst von Bessel, entspricht diese Länge jedoch nicht genau dem zehnmillionten Teil des Erdquadranten, sondern ist um nahe 0.09 Millimeter zu kurz. Indessen ist man bei der einmel festgestellten Länge des Meters verblieben und das metrische System hat sich infolge seiner für die Rechnung praktischen Dezimalteilung nach und nach in den meisten Kulturstaaten eingebürgert und ist dort durch Gesetze zum Normalmaß erhoben worden.

Was versteht man unter geozentrischer Polfläche oder verbesserter Breite eines Ortes?

Man versteht darunter den Winkel, welchen eine gerade Linie von dem Parallele des betreffenden Ortes zum Erdmittelpunkte mit der Ebene des Äquators macht. Dieser Winkel würde nur auf einer Kugel der Polhöhe dieses Ortes gleich sein, auf der sphäroidalen Erdoberfläche weicht er um einen geringen Betrag davon ab. Es sei Fig. 38 C der Erdmittelpunkt. Eine gerade Linie C W aus dieser Mitte zu dem Standpunkt des Beobachters gezogen und bis an den Himmelsraum verlängert, zeigt den wahren Scheitelpunkt W. Eine gerade Linie K S im Standpunkt des Beobachters senkrecht auf die Horizontebene errichtet und in den Himmelsraum verlängert, zeigt den scheinbaren Scheitelpunkt S. Der Winkel W B S, welchen diese beiden geraden Linien mit einander bilden, ist von der beobachteten scheinbaren Breite abzuziehen, und dadurch erhält man dann die verbesserte Breite. Dieser Winkel ist vom Äquator bis 45 Grad geographische Breite an Größe zunehmend, dann bis 90 Grad wieder an Größe abnehmend. Die Art der Zunahme und der Abnahme zeigt sich in folgender Weise:

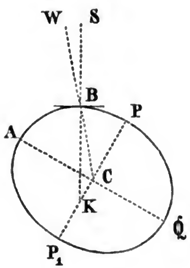


Fig. 38.

Geographische Breite.	Verbesserte Breite.			Unterschied.	
0°	0°	0′	0″	0′	0″
5	4	58	0	2	0
10	9	56	5	3	55
15	14	54	16	5	44
20	19	52	37	7	23
25	24	51	12	8	48
30	29	50	3	9	57
35	34	49	12	10	48

Geographische Breite.	Verbesserte Breite.			Unterschied.	
40	39	48	40	11	20
45	44	48	29	11	31
50	49	48	39	11	21
55	54	49	10	10	50
60	59	50	1	9	59
65	64	51	10	8	50
70	69	52	35	7	25
75	74	54	14	5	46
80	79	56	3	3	57
85	84	58	0	2	0
90	90	0	0	0	0

Welches sind die wahren Größenverhältnisse der Erde?

Der wahrscheinlichste Wert für den äquatorialen Halbmesser der Erde ist 6 377 972 m, für den polaren Halbmesser 6 356 727 m. Die Länge des Erdquadranten beträgt 10 001 816 m.

Wenn man den Umfang der Erde zu 5400 geographischen Meilen annimmt, so ist der Durchmesser derselben 1718.9 geographische Meilen, wobei auf die Meile 7420 m gerechnet werden. Dies ist die Größe des äquatorialen Durchmessers; der polare enthält 1713 Meilen.

Der Umfang eines Meridians beträgt 5391 Meilen, die Länge eines Grades des Äquators 15, diejenige eines Meridiangrades am Äquator 14.90, am Pole 15.05 Meilen. Die Oberfläche des Erdsphäroids umfaßt 9 261 238 Quadratmeilen, der Durchmesser einer Kugel, welche mit dem Erdsphäroid gleiche Oberfläche hat, ist 1717 Meilen. Der kubische Inhalt des Erdsphäroids beträgt 2 650 184 445 Kubikmeilen. Der Durchmesser einer Kugel, welche mit diesem gleichen Inhalt hat, ist 1717 Meilen.

Wie groß ist die Länge eines Grades unter den verschiedenen Parallelkreisen vom Äquator bis zum Pole?

Die folgende Tabelle giebt die Größe eines Grades der Parallelkreise von 0° bis 90° Breite in Kilometern:

geogr. Breite	Länge ein. Grades des Parallels	geogr. Breite	Länge ein. Grades des Parallels	geogr. Breite	Länge ein. Grades des Parallels
0°	111.31	31°	95.49	62°	52.39
1	111.29	32	94.48	63	50.67
2	111.24	33	93.44	64	48.93
3	111.15	34	92.37	65	47.17
4	111.04	35	91.28	66	45.40
5	110.89	36	90.15	67	43.61
6	110.70	37	89.00	68	41.82
7	110.48	38	87.82	69	40.01
8	110.23	39	86.62	70	38.18
9	109.95	40	85.38	71	36.35
10	109.63	41	84.13	72	34.50
11	109.27	42	82.84	73	32.64
12	108.89	43	81.53	74	30.78
13	108.47	44	80.20	75	28.90
14	108.02	45	78.84	76	27.01
15	107.54	46	77.45	77	25.12
16	107.02	47	76.05	78	23.22
17	106.47	48	74.62	79	21.31
18	105.89	49	73.16	80	19.39
19	105.28	50	71.69	81	17.47
20	104.63	51	70.19	82	15.54
21	103.96	52	68.67	83	13.61
22	103.25	53	67.13	84	11.67
23	102.51	54	65.57	85	9.73
24	101.74	55	63.99	86	7.79
25	100.94	56	62.59	87	5.84
26	100.11	57	60.76	88	3.90
27	99.24	58	59.13	89	1.95
28	98.35	59	57.47	90	0
29	97.43	60	55.79		
30	96.47	61	54.10		

Wie groß ist die Länge eines Meridiangrades unter den verschiedenen Breiten?

Unter Zugrundelegung der Erddimensionen, welche Bessel berechnet hat, findet man folgende Längen je eines Grades des Meridians in Kilometern:

Von	0°	bis	1°	Breite:	110.56
„	10	„	11	„	110.60
„	20	„	21	„	110.70
„	30	„	31	„	110.85
„	40	„	41	„	111.03
„	50	„	51	„	111.23
„	60	„	61	„	111.41
„	70	„	71	„	111.56
„	80	„	81	„	111.63
„	89	„	90	„	111.68

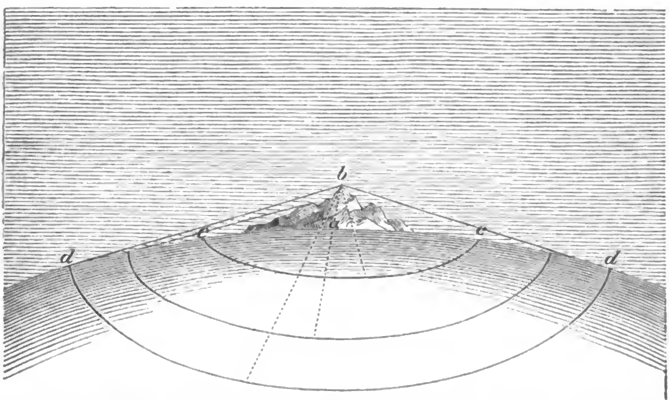


Fig. 39.

Wie weit reicht aus verschiedenen Höhen der Blick über die Erdoberfläche?

Wenn man sich auf einem weiten ebenen Feld oder auf dem Meere befindet, so vergrößert sich der Bogen des

Kugelabschnittes, welchen man überschaut (Fig. 39), in folgender Weise:

Höhe über der Erdoberfläche.	Bogen des Kugelabschnittes.	Länge des überblickten Bogens in Metern	und geographischen Meilen.
10 m	0° 12′ 20″	22878 m	3,08 Meilen.
25 „	0 19 10	35554 „	4,79 „
50 „	0 27 20	50703 „	6,83 „
100 „	0 38 30	71418 „	9,62 „
250 „	1 0 50	112845 „	15,21 „
500 „	1 26 10	159840 „	21,54 „
750 „	1 45 30	195702 „	26,38 „
1000 „	2 1 50	225000 „	30,32 „
5000 „	4 32 20	505178 „	68,01 „
1 Meile	5 31 —	613005 „	83 „
10 „	17 24 —	—	261 „
100 „	52 46 —	—	791 „
1000 „	124 65 —	—	1874 „
50000 „	178 4 —	—	2671 „

Wie hoch müssen die Gegenstände über die Erdoberfläche erhöht sein, damit sie in verschiedenen bestimmten Entfernungen erblickt werden können?

Unter Voraussetzung der Beobachtung auf weiter Ebene oder auf dem offenen Meere finden folgende Verhältnisse statt:

Gr. u. Min.	Entfernung in Metern.	Meilen.	Abstand der Horizontalen von der Erdoberfläche.
0° 5′	9275 m	1,25 Meilen	8 m.
0 10	18550 „	2,50 „	26 „
0 15	27825 „	3,75 „	60 „
0 30	55650 „	7,50 „	243 „
0 45	83475 „	11,25 „	551 „
1 0	111300 „	15 „	970 „
2 0	—	30 „	3879 „
3 0	—	45 „	1,18 Meilen.
4 0	—	60 „	2,10 „

Gr. u. Min.		Entfernung in Metern.	Meilen.	Abstand der Horizontalen von der Erdoberfläche.
5	0	—	75 Meilen	3,28 Meilen
10	0	—	150 „	13,26 „
20	0	—	300 „	55,16 „
30	0	—	450 „	132,97 „
45	0	—	675 „	356,02 „

Wenn daher ein Gegenstand auf dem Meere in $3^3/_4$ geographischen Meilen Entfernung erblickt wird, so muß derselbe mindestens 60 m über den Meeresspiegel erhöht sein. Wenn am Meeresufer ein Berg $1^{18}/_{100}$ Meile hoch ist, so wird die Spitze desselben in 45 geographischen Meilen Entfernung auf dem Meere am Horizonte erblickt (Fig. 40). Wenn ein Meteor gleichzeitig an zwei um 150 Meilen von

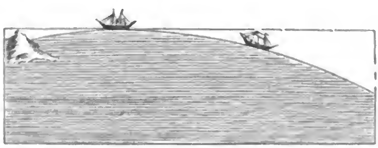


Fig. 40.

einander entfernten Orten und zwar an dem einen Ort im Zenith, an dem andern Orte am Horizonte erblickt würde, so müßte dasselbe gegen $13^1/_4$ geographische Meilen hoch in der Atmosphäre über ersterem Orte sein. Bei den Berechnungen der Fernsicht von erhöhtem Standpunkt und der Vertiefung unter den Horizont mit der Entfernung von dem Mittelpunkte des Horizontes ist die Oberfläche der Erde als kugelförmig angenommen worden. Sollen aus den Bogenangaben der Fernsicht Flächenübersichten berechnet werden, so hat man die überblickte Fläche als eine Kugelhaube, als die krumme Fläche eines Abschnitts der Kugeloberfläche zu betrachten.

Wie groß ist die Oberfläche der verschiedenen Erdzonen?

Die Oberfläche der Erde umfaßt, wie schon angegeben, 9 261 238 Quadratmeilen. Der Gürtel um die Erde, welcher auf beiden Seiten des Äquators bis $23^1/_2$ Grad Breite reicht und heiße Zone heißt, enthält 3 685 900 Quadratmeilen. Auf der nördlichen sowohl als auch auf der südlichen Hemisphäre je ein Gürtel zwischen den Parallelen $23^1/_2$ Grad und $66^1/_2$ Grad Breite, gemäßigte Zonen genannt, enthalten zusammen gegen 4 815 700 Quadratmeilen. Die Fläche um jeden Pol, welche von dem Parallel des $66^1/_2$. Grades Breite begrenzt ist, die kalten Zonen, enthalten zusammen gegen 759 400 Quadratmeilen.

Was versteht man unter Parallaxe?

Man bezeichnet hiermit im allgemeinen die Veränderung, welche der scheinbare Ort eines Gegenstandes erleidet, wenn man letztern von zwei verschiedenen Punkten aus betrachtet. In der Astronomie unterscheidet man tägliche und jährliche Parallaxe. Die tägliche Parallaxe bezieht sich auf die Erdkugel, die jährliche auf die Erdbahn. Die letztere wird bei der Besprechung des Laufes der Erde um die Sonne erörtert werden. Die tägliche Parallaxe ist derjenige Winkel, welcher an dem Ort eines Gestirns entsteht, wenn aus diesem Gestirn eine gerade Linie nach dem Mittelpunkt der Erde und eine zweite gerade Linie als Berührungslinie nach dem Rande der Erde gelegt wird. Die Entfernung des Mondes und die Entfernung der Sonne werden durch diese tägliche Parallaxe ermittelt.

Ist Fig. 41 M der Mond, so bezeichnet Winkel AMC die Parallaxe des Mondes und zwar nennt man diese, weil der Mond im Horizont von A steht, die Horizontalparallaxe.

Stände der Mond in M_1, so würde für den Beobachter in A der Winkel AM_1C die Parallaxe des Mondes sein und zwar die Höhenparallaxe. Je höher der Mond oder überhaupt ein Gestirn über den Horizont steigt, um

so kleiner wird seine Höhenparallaxe, bis sie endlich im Scheitelpunkt gleich Null ist. Man erkennt aus Fig. 41 leicht, daß die Horizontalparallaxe eines Gestirns nichts anderes als der Winkel ist, unter welchem einem Auge im Mittelpunkte dieses Gestirns der Erdhalbmesser erscheint.

Wenn von Sonne, Mond oder von den Planeten Parallaxen angegeben sind, so sind dies stets Horizontalparallaxen. Auf welche Weise durch Beobachtung, Messung und Berechnung die Größe gefunden wird, welche dieser Winkel am Orte des Gestirnes hat, gleich als ob man von dort aus beobachten könne, dies zu erörtern führt in das Gebiet der Astronomie.

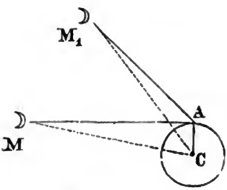


Fig. 41.

Wie groß sind die Parallaxen der Sonne, des Mondes und der Planeten?

Die Erforschung der Sonnenparallaxe ist mit großen Schwierigkeiten verbunden. Bis vor noch nicht langer Zeit nahm man nach Beobachtungen, welche im vorigen Jahrhundert, in den Jahren 1761 und 1769, gemacht worden waren, an, daß die Sonnenparallaxe 8.5 Bogensekunden betrage. Gegenwärtig setzt man nach neueren Beobachtungen die Sonnenparallaxe zu 8.8 Bogensekunden an. Nun könnte man wohl meinen, dieser Unterschied sei so gering, daß er kaum beachtet zu werden verdiene. Es stellt sich aber dadurch dieser Unterschied als wesentlicher Gegenstand heraus, daß je 1/10 Bogensekunde mehr oder weniger die Sonnenentfernung gegen 265 Erdhalbmesser, also um etwa 228 000 Meilen, kleiner oder größer ergiebt. Aus der jetzt angenommenen Sonnenparallaxe erhält man als mittlere Entfernung der Erde von der Sonne in runder Zahl 20 Millionen Meilen. Diese Entfernung der Erde von der Sonne ist die Maßeinheit für die Entfernungen der übrigen

Planeten von der Sonne, und nach dieser Maßeinheit werden in der Astronomie diese Entfernungen angegeben.

Die Parallaxe des Mondes ist in mittlerer Entfernung desselben von der Erde 57′ 2″, in größter Nähe 1° 1′ 24″, in größter Ferne 53′ 48″. Hierbei ist der Äquatorhalbmesser der Erde in Rechnung gebracht. Hieraus folgen: mittlere Entfernung des Mondes von der Erde 51 800 Meilen, größte Entfernung 54 640 Meilen, kleinste Entfernung 48 960 Meilen.

Da die Beobachtungen, deren Ergebnisse zu Parallaxenberechnungen der Planeten benutzt werden sollen, so angestellt werden, daß man zwei möglichst weit von einander entfernte Orte auf der Erdoberfläche wählt, und mißt, wie groß bei diesem Abstande der Beobachtungsorte die scheinbare Verschiebung des Planeten auf dem Himmelsgrunde ist, so lassen sich nur bis zur Entfernung des Mars derartige Messungen mit Erfolg ausführen; die Parallaxen der weiter entfernten Planeten werden mit Anwendung der Keplerschen Regeln ermittelt. Es ist nun der Winkel, unter welchem der Erdhalbmesser von den betreffenden Planeten aus betrachtet erscheinen würde, d. i. die Parallaxe, bei Merkur 18 Sekunden, bei Venus 34 Sekunden, bei Mars 25 Sekunden, bei Jupiter 2.2 Sekunden, bei Saturn 1 Sekunde, bei Uranus 1/2 Sekunde und bei Neptun 1/3 Sekunde, wobei die kleinste Entfernung in Betracht gezogen worden ist. Aus diesen Parallaxengrößen läßt sich ersehen, daß Venus am meisten sich der Erde nähert, hierauf folgt Mars, dann Merkur, dann Jupiter u. s. w. Bei größter Annäherung an die Erde erscheint der Halbmesser von Merkur 6.5 Sekunden, von Venus 32.6 Sekunden, von Mars 13 Sekunden, von Jupiter 25 Sekunden, von Saturn 10 Sekunden, von Uranus 2.3 Sekunden und von Neptun 1.3 Sekunden. Bei größter Entfernung von der Erde betragen: der scheinbare Halbmesser von Merkur 2.3, Venus 4.7, Mars 1.8, Jupiter 15.4, Saturn 7.4, Uranus 2.0 und Neptun 1.2 Sekunden.

Man kann auch den Halbmesser der Erde als Maßeinheit benutzen, und nach dieser die Verhältniszahlen der Durchmesser, Oberflächen und der Rauminhalte der Planeten, der Sonne und des Mondes berechnen.

Welche Verhältniszahlen entstehen, wenn man die Durchmesser der Planeten, der Sonne und des Mondes mit den entsprechenden Größen der Erde vergleicht?

Bezeichnet man den Durchmesser der Erde mit 1, so ist zu bezeichnen der Durchmesser von

Merkur	mit	0.38	Jupiter	mit	11.3	Neptun	mit	4.3
Venus	„	0.94	Saturn	„	9.3	Sonne	„	108
Mars	„	0.53	Uranus	„	4.6	Mond	„	0.27.

Bezeichnet man die Oberfläche der Erde mit 1, so beträgt die Oberfläche von

Merkur	0.14	Jupiter	121	Neptun	19
Venus	0.88	Saturn	81	Sonne	11 800
Mars	0.28	Uranus	20	Mond	0.07.

Bezeichnet man den Rauminhalt der Erde mit 1, so ist zu bezeichnen der Rauminhalt von Merkur mit 0.05, Venus mit 0.83, Mars mit 0.15, Jupiter mit 1330, Saturn mit 720, Uranus mit 92, Neptun mit 80, Sonne mit 1¼ Millionen, Mond mit 0.018.

Die Angabe dieser nach neueren Ermittelungen bestimmten Verhältniszahlen ermöglicht durch einen Überblick über die Himmelskörper die richtige Schätzung der Größe der Erde im Planetensystem.

Der Rauminhalt eines Himmelskörpers ist aber nicht maßgebend für das Gewicht desselben; das Gewicht ist nicht allein von der Größe, sondern auch von der Dichte, von der Menge der Masse abhängig, welche derselbe enthält. Dies führt zu der Betrachtung der Schwere der Himmelskörper.

Fünfter Abschnitt.

Die Schwere der Erde.

Was versteht man unter allgemeiner Schwere?

Unter allgemeiner Schwere oder Gravitation versteht man die Erscheinung, daß von einander entfernte Körper sich einander anziehen und zu nähern streben. Auf der Erde zeigt sich die Schwere als Wirkung der Anziehung, welche der Erdball auf alle ihm zugehörigen Körper ausübt, dadurch, daß letztere, wenn sie nicht unterstützt werden, fallen, wenn sie indessen auf fester Unterlage ruhen, gegen diese drücken, d. h. Gewicht besitzen.

Gewicht ist also der Druck, welchen ein Körper auf einen andern ausübt, wenn dieser ihn hindert, dem Schwerpunkt des anziehenden Körpers sich zu nähern. Diesen Druck nach seiner Größe bestimmen wird als „wägen" bezeichnet, und das Resultat bekundet, wie viel der Körper „wiegt".

Auch die gesamte Masse der Erde kann als ein dem Wägen unterworfener Gegenstand betrachtet werden; man kann fragen, wie viel die gesamte Masse der Erde wiege. Hierbei ist aber zu bemerken, daß bei der Beantwortung dieser Frage nur die Anziehungskraft dieser Masse selbst, nicht die Masse anderer Himmelskörper als anziehende Kraft in Betracht genommen ist. Die Antwort würde anders

lauten müssen, wenn man hierbei die Anziehungskraft irgend eines andern Planeten oder der Sonne in Betracht nähme. Denn die Größe des Gewichts eines Körpers ist nicht allein durch die Menge der Masse desselben bestimmt, sondern auch durch die Menge der Masse desjenigen Körpers, welcher Anziehung auf ihn ausübt und dadurch das Drücken desselben auf eine Unterlage verursacht. Diese Anziehung, bestimmt in ihrer Kraft nach der Menge der zusammenwirkenden Massenteilchen, ist im Grunde stets das Maßgebende, sei es die Anziehung eines Himmelskörpers, ausgeübt auf einzelne Gegenstände, welche ihm zugehören, sei es die Anziehung der Himmelskörper gegenseitig unter einander.

Seit wann kennt man die gegenseitige Anziehung der Himmelskörper, welcher auch die Erde unterworfen ist?

Vermutungen über das Vorhandensein einer solchen Anziehung sind zu verschiedenen Zeiten mit mehr oder weniger Klarheit ausgesprochen worden.

Schon Anaxagoras, im 5. Jahrh. vor Chr., schreibt den Himmelskörpern Schwere gegen die Erde zu, indem er die Erde als den Mittelpunkt der Bewegungen derselben erachtete. Die Erscheinung, daß die Himmelskörper, obgleich von der Erde angezogen, dennoch nicht auf sie fallen, erklärt er durch die Kraft ihres Laufes in kreisförmigen Bahnen.

Lucretius, römischer Dichter im 1. Jahrh. vor Chr., beweist aus der allgemeinen Schwere die Unbegrenztheit und Unendlichkeit der Welten im Raume, indem er folgert: wenn Begrenztheit und Endlichkeit der Welten vorhanden wären, so müßten alle Himmelskörper an einem Orte sich vereinen, die äußersten Weltkörper hätten dann keine anderen weiter nach außen, gegen welche sie schwer wären, es würden dann keine entfernteren Himmelskörper vorhanden sein, welche die Vereinigung der einander näheren verhinderten.

Copernicus findet in der Gravitation die Ursache der kugelförmigen Gestaltung der Himmelskörper.

Kepler erklärt, daß zwei Körper, wenn sie nicht von anderen Körpern beeinflußt werden, durch ihre Schwere getrieben, sich einander nähern und zusammentreffen müßten, und daß der Weg, welchen jeder Körper dabei durchlaufe, von den Massen der Körper abhängig sei und zwar so, daß der Körper mit größerer Masse dabei eine verhältnismäßig kürzere Strecke des Abstands dem andern entgegenkomme. So würden z. B., sagt Kepler, die Erde und der Mond durch Annäherung zusammentreffen, wenn nicht andere Kräfte sie in ihren Bahnen hielten, und es würden die Erde $^1/_{54}$ und der Mond $^{53}/_{54}$ des Abstands des Mondes von der Erde zurücklegen. Er nahm an, daß die Massen der Erde und des Mondes sich wie 53 zu 1 verhielten.

Fermat, Mathematiker zu Toulouse gegen Mitte des 17. Jahrhunderts, stimmte der Anschauung Keplers bei, fügte aber hinzu, es müsse innerhalb der Erde die Attraktionskraft derselben schwächer wirken, da die äußeren Teile wieder rückwärts ziehen.

Hook, Mitglied der k. Societät zu London in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, stellte die Sätze auf: 1) Alle Himmelskörper gravitieren gegen einander; 2) alle Himmelskörper bewegen sich geradlinig fort, wenn sie nicht durch Einwirkung anderer Körper von dieser geradlinigen Fortschreitung abgelenkt werden, und 3) die Anziehung ist desto stärker, je näher der anziehende Körper ist.

Newton (1642—1727), Mitglied der k. Societät zu London, entdeckte die Gesetze der Gravitation, welche auf der Erde wie im Universum, die bei der Massenanziehung stattfindenden Vorgänge beherrschen. Diese Weltgesetze lauten: 1) Die Kraft der Anziehung ist der Masse der gegenseitig einander anziehenden Körper direkt proportional, d. h.: in demselben Maße, als die Masse eines Körpers größer ist als die Masse eines andern, ist auch seine Anziehungskraft größer, als die Anziehungskraft des andern Körpers; 2) die Wirkung der Anziehung geht zwar in das

Unendliche, aber sie nimmt ab im Quadrate der Entfernung vom Schwerpunkt, d. h. bei zweifacher Entfernung ist die Wirkung nur ein Viertel, bei dreifacher nur ein Neuntel, bei vierfacher nur ein Sechzehntel 2c.

In diesem Sinne ist auch das Verhältnis zwischen der Anziehung der Erde und der Schwere der über der Erdoberfläche befindlichen Gegenstände aufzufassen; aber es erscheint hier die Wirkung der Erdmasse als ein Ziehen zu dem Schwerpunkte, und die Wirkung der Masse dieser Gegenstände als ein Drängen zu demselben hin. Diese Erscheinung wird durch das Verhältnis der Größen der Massen verursacht. Denn die Erdmasse ist so unendlich viel größer als die Masse irgend eines fallenden Körpers an ihrer Oberfläche, daß nur die Bewegung des letzteren gegen die Erde hin, als Fallen, uns sichtbar wird.

Welches ist das Maß für die Anziehungskraft der Erde?

Die Größe der Anziehungskraft ist durch die Menge der Massenteilchen bedingt, welche zu einheitlichem Wirken einen Körper bilden. Die Erde im allgemeinen und ganzen hat eine bestimmte Menge solcher zusammenwirkender Massenteilchen, und daher auch eine bestimmte Attraktionskraft. Mit der Stärke dieser Anziehungskraft wirkt sie bemerkbar auf diejenigen Körper ein, welche ihr zugehörig, aber auf kurze Zeit gleichsam von ihr getrennt sind, oder auch auf diejenigen, welche ihr fremd sind, aber in den Bereich ihrer Wirksamkeit kommen. Die Wirkung dieser Anziehung ist ein „Fallen“ oder ein „Streben zum Fallen“, welches letztere sich in der Pendelbewegung und im Gewicht der Körper kundgiebt. Die Geschwindigkeit des Fallens ist das Maß der Anziehungskraft der Masse überhaupt. Die Größe oder Menge der Masse, als die Ursache der Stärke der Attraktionskraft, ist daher auch bei der Untersuchung der Größe der Anziehungskraft der Erde in Betracht zu ziehen.

Auf welche Weise bestimmt man die Größe der Masse oder die Menge der Massenteilchen der Erde?

Um die Größe der Masse der Erde zu bestimmen, kann man entweder das Verhältnis zwischen der Erdmasse und den Massen anderer Himmelskörper, oder das Verhältnis zwischen der Gesamtmasse der Erde und einem Teil dieser Gesamtmasse aufsuchen. Im ersteren Falle erhält man nur eine relative Bestimmung, im letzteren eine Angabe, welche nach der im gewöhnlichen Leben gebrauchten Gewichtseinheit bestimmt ist. Es ist diese Bestimmung im Grunde zwar auch nur relativ, aber es liegt doch diejenige Größe, womit die Gesamtmasse der Erde verglichen wird, der Anschauung näher als im ersteren Falle. Wenn man nun die Schwere der Gesamtmasse der Erde mit der Schwere eines Teiles derselben, welcher nach Gewicht bestimmt ist, vergleicht und das Ergebnis durch eine benannte Zahl ausdrückt, so erhält man hierin (nach Sprachgebrauch) das absolute Gewicht der Erde, welches die Größe der Masse oder die Menge der Massenteilchen der Erde vorstellt.

Wie gelangt man zu der Kenntnis des absoluten Gewichts der Erde?

Die Kenntnis des absoluten Gewichts der Erde wird durch Ermittelung des spezifischen Gewichts derselben gewonnen. Das spezifische Gewicht der Erde ist diejenige Zahl, welche angiebt, wie viele der Erdkugel gleichgroße Kugeln von Wasser erforderlich sein würden, um ebensoviel zu wiegen wie die Erde wiegt. Wenn das spezifische Gewicht ermittelt ist, so multipliziert man mit der Zahl desselben die Gewichtszahl einer Wasserkugel von der Größe der Erde. Nachdem der Rauminhalt der Erdkugel, sei derselbe nach Kubikmetern, Kubikkilometern oder nach Kubikmeilen bestimmt, ermittelt ist, läßt sich auf leichte Weise berechnen, wie viel die Erde wiegen würde, wenn sie nur aus Wasser bestände, da das Gewicht eines Kubikmeters ꝛc. Wasser bekannt ist.

Die Schwierigkeit liegt lediglich darin, das spezifische Gewicht der Erde zu ermitteln.

Es läßt sich nicht bezweifeln, daß eine im ganzen regelmäßige Lagerung kugelförmiger Schichtungen der Erdmasse um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt vorhanden sei. Nach diesem Punkte hin geht die Richtung des ruhenden Pendels oder des Lotes, wenn dasselbe nicht durch störende Einwirkungen abgelenkt wird. Wenn nun an irgend einem Orte sich zeigt, daß die Richtung des Lotes von der astronomisch bestimmten normalen Richtung abweicht, so muß man annehmen, daß diese Störung durch eine in der Nähe des Lotes befindliche, auf dasselbe einwirkende Masse, z. B. durch die Einwirkung eines isolierten Berges, verursacht wird. Ist nun die Dichtigkeit der Masse dieses Berges ermittelt, und ist die Größe der Ablenkung des Lotes gemessen, so läßt sich hieraus das absolute Gewicht der Erde berechnen.

Maskelyne zu London (1732—1811) maß die Ablenkung, welche der Berg Shehallian an einem nahen Lote verursachte. Er fand, daß dieselbe 11.6 Sekunden betrug. Hieraus berechnete er, daß die Dichtigkeit der Erde und des Berges sich nahe wie 9 zu 5 verhielten. Die mittlere Dichtigkeit des Berges nahm er zu 2.5 bis 3 an und so erhielt er für die mittlere Dichtigkeit oder das spezifische Gewicht der Erde die Größe 4.5.

Cavendish zu London (1731—1810) beobachtete an einem von Mitchell angegebenen, von Coulomb verbesserten Apparate die Schwingungen eines horizontalen Pendels, welche durch Anziehung von zwei je drei Zentner schweren Bleikugeln verursacht wurden. Ein gleichmäßig geformter Stab war in seinem Schwerpunkte an einem feinen Metallfaden aufgehängt, so daß er seine Schwingungen in einer horizontalen Ebene machte. Kleine an den Enden des Stabes angebrachte Kugeln wurden von den großen und gewichtigen Bleikugeln angezogen und es entstanden Schwingungen, deren Geschwindigkeit im Verhältnis zu der

Geschwindigkeit der Schwingungen eines gewöhnlichen Pendels, nebst dem Gewichte der Bleikugeln, die Unterlagen zu den Berechnungen gewährten. Cavendish fand hierdurch 5.48, Reich in Freiberg 5.44 als spezifisches Gewicht der Erde. Baily fand 5.68, James am Berge Arthurs Seat bei Edinburgh 5.3, Cornü und Baille (mit Hilfe der Drehwage) 5.56, endlich Poynting mittels der Wage 5.49.

Die Dichtigkeit der Erde läßt sich auch durch Beobachtung der Pendelschwingungen auf den Spitzen hoher Berge oder im Innern tiefer Schachte ermitteln. Mit der Höhe über dem Erdboden nimmt die Geschwindigkeit der Pendelschwingungen ab, weil die Intensität der Schwere mit der Entfernung vom Erdmittelpunkte sich vermindert. Wird aber das Pendel auf der Spitze eines Berges in Schwingungen versetzt, so wirkt die Masse des Berges wiederum beschleunigend auf dieselben. Der Unterschied zwischen Beobachtung und Rechnung wird bedingt durch die Masse des Berges und man kann hieraus auf das Verhältnis dieser Masse zur Masse der Erde und weiter aus dem Volumen und der Gesteinsdichtigkeit des Berges auf die mittlere Dichtigkeit der Erde schließen. So hat Carlini 1824 auf dem Mont Cenis Pendelbeobachtungen angestellt, aus denen sich die mittlere Dichte der Erde zu 4.8 ergiebt; aus ähnlichen Beobachtungen von Mendenhall auf dem japanischen Vulkane Füsijama folgt als mittlere Erddichte der Wert 5.8. Pendelbeobachtungen in tiefen Schachten sind wegen der besonderen Schwierigkeiten dieser Untersuchungsmethode nur wenig angestellt worden. Am zuverlässigsten sind Airys Beobachtungen in der Kohlengrube Harton bei Newcastle. Es fand sich, daß dort in einer Tiefe von 1263½ Fuß das Pendel in 24 Stunden 2¼ Sekunden beschleunigt ist im Vergleich zu seinen Schwingungen an der Erdoberfläche. Daraus folgt für die mittlere Dichte der Erde nach Haughtons Rechnung der Wert 5.5.

Wenn aus den gesamten Berechnungsergebnissen das Mittel zu 5.5 als spezifisches Gewicht der Erde angenommen

wird, so erhält man als absolutes Gewicht derselben gegen 6.6 Quadrillionen Kilogramm.

Dieses absolute Gewicht der Erde entspricht der Menge der Massenteilchen, welche, in ihr zu einheitlichem Zusammenwirken vereint, die Größe der Attraktionskraft der Erde verursachen. Um aber diese Größe selbst genau in Zahlen anzugeben, müssen einige Vorkommnisse auf der Oberfläche der Erde, welche durch die Attraktionskraft entstehen, in Betracht gezogen werden.

Welche Vorkommnisse auf der Erdoberfläche sind zu genauer Bestimmung der Attraktionskraft der Erde in Betracht zu ziehen?

Man hat sich das Gewicht der Erde als eine bewegende Kraft vorzustellen, welche im Mittelpunkte, im Schwerpunkte der Erde, ihren Sitz hat. Von diesem Orte aus zieht diese Kraft die Gegenstände an die Erde heran, und zwar in allen von der Oberfläche der Erde nach diesem Punkte hin gehenden Richtungen. Die Größe der Wirkung der Kraft, mit welcher sie die Gegenstände heranzieht, ist aber nicht allein von dem Gewichte der Erde abhängig, sondern es wird die Wirkung der Anziehung durch die Entfernung dieser Gegenstände von dem Schwerpunkte beeinflußt. Die Erscheinungen, in welchen das Zusammenwirken der verschiedenen Ursachen der Anschauung sich darbietet, sind: Druck auf Unterlage, Fall zu der Erdoberfläche und schwingendes Pendel.

In welcher Weise dient die Beobachtung des Druckes auf Unterlage zu Ermittelung der Attraktionskraft der Erde?

Um die Größe des Druckes eines Gegenstandes auf seine Unterlage, die Schwere des Gegenstandes gegen die Schwere der Erde, das Gewicht dieses Gegenstandes zu bestimmen, bedarf es einer Maßeinheit, welche eine bestimmte Druckgröße angiebt. Dazu hat man die Wassermenge gewählt, welche in einem Würfel enthalten ist, dessen Länge, Breite und Höhe je 1 cm beträgt, also in einem Kubikcentimeter, und dieses Gewicht hat man Gramm genannt. Das Gewicht des Wassers in einem Liter, welches 1000 Kubikcentimeter

in sich faßt, hat den Namen Kilogramm erhalten. Bestimmt man nun nach einer auf der Elastizität des Stahles beruhenden Federwage an verschiedenen Orten der Erde die Wirkung der Attraktionskraft, so findet man, daß dieselbe am Äquator am schwächsten ist und in der Richtung nach den Polen hin stärker wird. Auf dem Wege der Rechnung hat man festgestellt, daß ein Gegenstand, welcher am Äquator 1000 Kilogramm wiegt, am Pol 1005.2 Kilogramm wiegen muß. Hierdurch erhält man ein Verhältnis der Wirkung der Attraktionskraft an den äußersten Grenzen, und man könnte nun einen Ort aufsuchen, an welchem zwischen diesen Grenzen die Mitte der Wirkungsgröße statthat. Den Druck, welchen an diesem Orte ein Liter Wasser ausübt, das Gewicht desselben an diesem Orte, würde nun zur Bezeichnung der Attraktionskraft der Erde dienen können, um dann Vergleiche mit der Größe der Attraktionskraft anderer Himmelskörper anzustellen. Man pflegt aber die Fallgeschwindigkeit oder auch die Schwingungen eines Pendels zu Bezeichnung der Größe der Attraktionskraft der Erde zu benutzen.

Wie dienen Fallgeschwindigkeit und Pendelschwingungen zu Ermittelung der Attraktionskraft der Erde?

Die Geschwindigkeit des Fallens der Gegenstände zur Oberfläche der Erde wird vermittelst eines Apparates gefunden, welchen Atwood (1784) dazu zusammengestellt hat. Diese Geschwindigkeit wird entweder dadurch angezeigt, daß man angiebt, wie groß die Strecke ist, welche ein Körper in der ersten Sekunde durchfällt, oder dadurch, daß man angiebt, wie groß die Geschwindigkeit ist, welche der Körper am Schlusse der ersten Sekunde des Fallens erlangt hat. Hierbei stellt sich nun heraus, daß das Fallen der Körper schneller geschieht, wenn die Beobachtungen entfernter vom Äquator, näher den Polen, angestellt werden. Ein Körper am Äquator fällt in der ersten Sekunde durch 4.89 m, und erlangt als Endgeschwindigkeit 9.8 m. Jede dieser beiden Größen kann benutzt werden, um die Stärke der Attraktionskraft der Erde anzuzeigen.

Das Pendel, welches desto schneller schwingt, je stärker die Attraktionskraft ist, hat zu den Schwingungen, welche je eine Sekunde dauern, eine bestimmte Länge. Es ist aber diese Länge eine verschiedene, jenachdem man die Beobachtungen am Äquator oder entfernt von diesem anstellt. Ein Pendel, bei welchem jede Schwingung eine Sekunde währt, ein Sekundenpendel, hat am Äquator 991 mm Länge und, nach der Berechnung aus dem Gange der Zunahme, am Pol 996.1 mm. Als mittlere Größe hieraus erhält man für das Sekundenpendel die Länge 993.57 oder, abgerundet, 994 mm. Diese Länge des Sekundenpendels kann man zur Bestimmung der Intensität g der Schwerkraft an der Erdoberfläche benutzen. Letztere wird nämlich ausgedrückt durch die Geschwindigkeit eines freifallenden Körpers am Ende der ersten Sekunde. Beträgt also die Schwingungsdauer eines Pendels von der Länge L genau eine Sekunde, so hat man in Metern für g den Ausdruck: $g = 9.8596 \times L$. Hiernach ist die Intensität der Schwere am Äquator $= 9.781$, am Pole 9.831.

Der Gang der Zunahme der Attraktionswirkung läßt sich aus den Beobachtungen der Längen des Sekundenpendels deutlich ersehen. Diese Beobachtungen haben ergeben auf der nördlichen Erdhälfte zu:

St. Thomas	0°	24′	41″	geograph.	Breite	991,12 mm
Madras . . .	13	4	9	„	„	991,24 „
Jamaika . . .	17	56	7	„	„	991,47 „
New York . .	40	42	43	„	„	993,16 „
Bordeaux . .	44	50	26	„	„	993,45 „
Paris	48	50	14	„	„	993,90 „
London . . .	51	31	8	„	„	994,12 „
Berlin	52	30	17	„	„	994,22 „
Königsberg .	54	42	50	„	„	994,41 „
Drontheim .	63	25	54	„	„	993,02 „
Hammerfest	70	40	5	„	„	993,53 „
Grönland . .	74	32	19	„	„	995,75 „
Spitzbergen	79	49	58	„	„	996,04 „

auf der südlichen Erdhälfte zu:

Maranham	2°	31′	43″	geograph.	Breite	990,90 mm
Bahia	12	59	21	„	„	991,22 „
Rio Janeiro	22	55	13	„	„	991,70 „
Paramatta .	33	48	43	„	„	992,54 „
Maluinen .	51	35	18	„	„	994,06 „

Die Attraktionskraft der Erde bewirkt demnach, daß ein Körper, welcher in einiger Entfernung von der Erdoberfläche zum Fallen freigelassen wird, in der ersten Sekunde des Fallens im Mittel die Strecke 4.9 m durchfällt, oder, daß ein Pendel, welches in Schwingungen versetzt wird, um in jeder Sekunde eine Schwingung zu vollbringen, im Mittel 994 mm Länge haben muß.

Diese Wirkung der Attraktionskraft nimmt, wie bereits erwähnt wurde, im Quadrat der Entfernung vom Schwerpunkte ab, und zwar, von der Erdoberfläche an, je weiter die Entfernung in den Weltenraum geht. Es findet aber auch Veränderung der Wirkung statt, wenn ein Ort in Betracht genommen wird, welcher unter der Erdoberfläche liegt.

Wie verhält sich die Wirkung bei größerer Annäherung an den Schwerpunkt der Erde?

Man sollte meinen, daß, je näher dem Schwerpunkt innerhalb der Erde, desto größer müsse die Wirkung der Attraktionskraft sein. Dies würde stattfinden, wenn dieser Punkt selbst eine von der Erde unabhängige Kraft in sich hätte. Der Schwerpunkt an sich hat aber keine eigentümliche Kraft, sondern die Kraft in diesem Punkte entsteht durch das Zusammenwirken aller Massenteilchen der Erde. Wenn nun ein Ort innerhalb der Erde angenommen wird, so liegen daselbst Massenteilchen auch auf der dem Schwerpunkt (Fig. 42, C) entgegengesetzten Seite, welche der nach C hin gerichteten Anziehung entgegenwirken. Es wirken auf **A** die Massenteilchen der Kugel, deren Radius gleich **R** ist; auf

a hingegen nur die Massenteilchen der Kugel, deren Radius gleich r. Die Massenteilchen, welche zwischen den Oberflächen der Kugel R und der Kugel r liegen, wirken, in Betracht ihrer Lage und Entfernung von a, so auf a, daß sie gegenseitig ihre Wirkung vernichten. Es nimmt demnach die Wirkung der Attraktionskraft im Innern der Erde ab, und zwar so, daß ihre Größe im einfachen geraden Verhältnis der Entfernung des betreffenden Ortes vom Schwerpunkt steht. In einer Tiefe von 215 Meilen ist z. B., wenn man den Halbmesser der Erde gleich 860 Meilen annimmt, die Entfernung von dem Schwerpunkt 645 Meilen, also die Wirkung der Attraktionskraft daselbst zu der Wirkung derselben an der Erdoberfläche wie 3 zu 4.

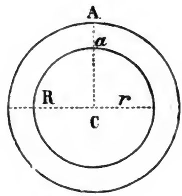


Fig. 42.

Die Erscheinungen des Druckes, des Fallens und des Pendels im allgemeinen würden andere Größen der Attraktionskraft der Erde erkennen lassen, wenn das Gewicht der Erde ein anderes wäre, als es thatsächlich ist. Es würden aber auch dann andere Größen hierbei sich zeigen, wenn die Erde einen andern Rauminhalt hätte, als sie hat. Bei der Gewichtsverschiedenheit würde überhaupt eine andere Stärke der Anziehungskraft vorhanden sein, bei der Raumverschiedenheit würde durch Veränderung der Entfernung der Oberfläche von dem Schwerpunkte eine andere Wirkung der Attraktionskraft entstehen. Es müssen daher Gegenstände, welche von der Erde auf andere Himmelskörper versetzt sind, daselbst eine andere Größe des Druckes (anderes Gewicht) haben, das Fallen wird dort mit anderer Geschwindigkeit erfolgen und für das Sekundenpendel wird eine andere Länge erforderlich sein, wenn nicht der andere Himmelskörper sowohl an Gewicht als auch an Rauminhalt der Erde vollkommen gleich ist. Es sind nun auch in diesen Beziehungen die Himmelskörper von der Erde verschieden,

sie haben andern Massengehalt und andere Größe als die Erde, und daher auch andere Attraktionskraft und andere Wirkung derselben.

In welchen Verhältnissen stehen die Massen der Himmelskörper zu der Masse der Erde?

Die Masse der Erde gleich 1 gesetzt, findet sich für die Masse

der Sonne	320000
des Merkur	0,04
der Venus	0,78
des Mars	0,11
des Jupiter	308
des Saturn	92
des Uranus	15
des Neptun	16
und des Erdmondes	0,012

Die Monde der übrigen Planeten, die Planetoiden (kleinen Planeten), die Kometen und die Meteoriten haben so geringe Massen und bleiben, mit Ausnahme einiger selten erscheinenden Kometen und Meteoritenschwärme, so weit von der Erde entfernt, daß es nicht erforderlich ist, dieselben hier in Betracht zu ziehen.

Bei den Fixsternen ist es nur in einigen wenigen Fällen möglich geworden, deren Massen zu bestimmen. Es hat sich dabei herausgestellt, daß gewisse Fixsterne unsere Sonne an Masse erheblich übertreffen, doch giebt es auch solche, welche geringer an Masse sind als diese.

Da die gegenseitige Attraktionswirkung bei den Himmelskörpern nach Verhältnis der Massen erfolgt, so können nur Venus, Mars, Merkur und der Mond, da sie an Massengehalt von der Erde übertroffen werden, von dieser eine größere Beeinflussung erhalten, als sie auf dieselbe ausüben. Es sind aber zu der Ermittelung der Stärke dieser Einwirkung auch die Entfernungen in Betracht zu nehmen, und zwar hier die Entfernungen der Himmelskörper von dem Schwerpunkte der Erde im Verhältnis zu der Entfernung

der Erdoberfläche von demselben, zu dem Halbmesser der Erde.

In welchem Verhältnis stehen die Entfernungen der Sonne, der größeren Planeten und des Mondes von der Erde zu der Größe des Erdhalbmessers?

Die Entfernungen dieser Himmelskörper von der Erde sind innerhalb bestimmter Grenzen verschieden. Die Grenzen sind als Maximum (Größtes) und Minimum (Kleinstes) im Verhältnis zu der Größe des Erdhalbmessers folgende:

Den Halbmesser der Erde gleich 1 gesetzt, ergiebt als Entfernung von der Erde

	Maximum.	Minimum.
für Sonne . . .	23688	22912
Merkur . .	34500	12600
Venus . . .	40700	5900
Mars . . .	62400	8500
Jupiter . .	150700	91600
Saturn . .	258400	186000
Uranus . .	491400	402300
Neptun . .	724300	700600
Erdmond . .	63,6	57

Welche Beziehungen haben diese Verhältnisangaben zur Erde als Himmelskörper?

Diese Verhältnisangaben dienen zu Erörterungen über die Größe der Wirkung der Erdattraktion auf die Himmelskörper in den Entfernungen derselben von der Erde. Da die Wirkungen der Anziehungskraft im Verhältnisse des Quadrates der Entfernungen sich verringern, so ist die Attraktionswirkung der Erde auf die anderen Himmelskörper meistens verschwindend klein. Das Maß der Attraktionskraft der Erde, der in der ersten Sekunde durchfallene Raum, beträgt an der Erdoberfläche 4.9 m. Zieht man den kleinsten Abstand eines Planeten von der Erde, den Abstand des Planeten Venus bei der untern Konjunktion

(Fig. 43), in Betracht, welcher 5900 Erdhalbmesser beträgt, so erhält man für die Attraktionswirkung der Erde auf diesen Planeten nur etwa 14 Hunderttausendstel eines Millimeters, als Größe des sekundlichen Fallens dieses Himmelskörpers zur Erde. Diese Annäherung ist als verschwindend klein zu bezeichnen. Man erhält diese Zahl, indem man 5900 mit sich selbst multipliziert und mit diesem Produkt in 4.9 m dividiert. Nur bei dem Mond, welcher in größter Annäherung an die Erde gegen 57 Erdhalbmesser von derselben entfernt ist, ergiebt Berechnung der Attraktionswirkung der Erde eine, wenn auch immerhin noch kleine, aber doch in Rechnung zu bringende Zahl als Fallgröße zu der Erde, nämlich $1^1/_2$ mm. In mittlerer Entfernung (60.3 Erdhalbmesser) beträgt der sekundliche Fall des Mondes zur Erde 1.35 mm, welche Größe entsteht, wenn man 60.3 mit sich selbst multipliziert, und mit diesem Produkt in 4.9 m dividiert.

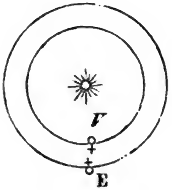


Fig. 43.

Da die Verhältnisse, in welchen die Massen und Größen der genannten Himmelskörper zur Masse und Größe der Erde stehen, erforscht sind, so lassen sich auch die Verhältnisse berechnen, welche zwischen den Dichtigkeiten dieser Himmelskörper und der Dichtigkeit der Erde statthaben.

Wie verhalten sich die Dichtigkeiten der Sonne, der größeren Planeten und des Mondes zu der Dichtigkeit der Erde?

Wenn man die Bezeichnung „Dichtigkeit“ bei Himmelskörpern anwendet, so berücksichtigt man die jedesmalige Massenmenge des Himmelskörpers gleichmäßig verteilt auf den Rauminhalt desselben. Diese Anschauung findet statt bei der Vergleichung der Dichtigkeiten der genannten Himmelskörper mit der Dichtigkeit der Erde. Die Bezeichnung „spezifisches Gewicht“ hingegen enthält auch bei der

Betrachtung der Himmelskörper die Bezugnahme auf die Dichtigkeit des reinen Wassers (der Erde) bei der Temperatur + 4° C. Wenn man nun die Dichtigkeit der Erde gleich 1, und ihr spezifisches Gewicht gleich 5.5 setzt, so ergeben sich folgende Größen:

Erde	Dichtigkeit	1,00	spezifisches	Gewicht	5,5
Merkur	„	0,87	„	„	4,7
Venus	„	0,96	„	„	5,3
Mars	„	0,75	„	„	4,1
Jupiter	„	0,23	„	„	1,3
Saturn	„	0,12	„	„	0,7
Uranus	„	0,16	„	„	0,9
Neptun	„	0,20	„	„	1,1
Sonne	„	0,25	„	„	1,4
Erdmond	„	0,65	„	„	3,5

Kein Planet übertrifft die Erde an Dichtigkeit; Venus kommt derselben hierin sehr nahe; die geringste Dichtigkeit hat Saturn. Obgleich aber die Dichtigkeiten der Planeten Jupiter und Saturn und die Dichtigkeit der Sonne geringer sind als die Dichtigkeit der Erde, so ist doch die Attraktionskraft dieser Himmelskörper und die Wirkung derselben auf ihren Oberflächen größer, als die Attraktionskraft der Erde und die Wirkung derselben auf ihrer Oberfläche. Die Stärke der Attraktion an den Oberflächen der genannten Himmelskörper muß in dem Gewicht der Gegenstände, in der Fallgeschwindigkeit und im Pendelgang daselbst hervortreten, und es müssen diese Größen in einem bestimmten Verhältnisse zu den bezüglichen Größen der Erde stehen.

In welchem Verhältnis stehen die Gewichte von Gegenständen auf den Oberflächen der genannten Himmelskörper zu den Gewichten, welche dieselben Gegenstände auf der Oberfläche der Erde zeigen?

Wenn man das Verhältnis der Masse eines Himmelskörpers zu der Erdmasse durch das Quadratverhältnis der Halbmesser dieses Himmelskörpers und der Erde dividiert,

so erhält man in dem Quotienten das Verhältnis der Gewichte an den Oberflächen dieses Himmelskörpers und der Erde. Könnte man einen Körper, welcher an der Oberfläche der Erde 1 kg wiegt, unverändert auf andere Himmelskörper versetzen, so würde derselbe wiegen:

auf Merkur . .	0,33 kg	auf Uranus . . .	0,74 kg
„ Venus . . .	0,90 „	„ Neptun . . .	1,13 „
„ Mars . . .	0,40 „	„ der Sonne . .	27,6 „
„ Jupiter . .	2,24 „	„ dem Erdmond	0,167 „
„ Saturn . .	0,88 „		

Diesen Größen des Druckes oder Gewichtes entsprechen die Fallgeschwindigkeiten und die Längen der Sekundenpendel auf diesen Himmelskörpern.

Wie groß sind die Fallgeschwindigkeiten und die Längen des Sekundenpendels auf den genannten Himmelskörpern im Vergleich zu der Fallgeschwindigkeit und der Sekundenpendellänge auf der Erde?

Zu der Angabe der Fallgeschwindigkeit benutzt man, wie bereits mitgeteilt wurde, entweder die Größe der in der ersten Sekunde durchfallenen Strecke, oder die am Ende der ersten Sekunde des Fallens erlangte Geschwindigkeit. Die Größe der auf den Himmelskörpern durchfallenen Strecke und diejenige auf der Erde haben die bei der Betrachtung der Gewichtsverhältnisse angegebenen Verhältnisse. Auch die Längen des Sekundenpendels auf diesen Himmelskörpern stehen in gleichen Verhältnissen zu der Länge des Sekundenpendels auf der Erde. Da nun auf der Erde die Fallhöhe in der ersten Sekunde 4.9 m beträgt und die Länge des Sekundenpendels 0.994 m ist, so sind:

Fallstrecke in der ersten Sekunde.

auf Merkur	1,5	m
„ Venus	4,4	„
„ Mars	1,9	„
„ Jupiter	10,9	„

auf Saturn	. . . . .	4,3 m
„ Uranus	. . . . .	3,63 „
„ Neptun	. . . . .	5,54 „
„ der Sonne	. . . .	135,6 „
„ dem Erdmond	. .	0,818 „

Auch die Einwirkung der Massen der größeren Planeten und der Sonne auf die Erde läßt sich aus den Verhältnissen der Massen und den Entfernungen berechnen.

Welche Größen haben die Einwirkungen der größeren Planeten und der Sonne auf die Masse der Erde?

Um die Größen der Anziehungskraft, welche die genannten Himmelskörper auf die Erde ausüben, zu erforschen, müssen die Verhältnisse der Massen dieser Himmelskörper, und die Entfernungen derselben von der Erde in Rechnung gebracht werden. Es verhalten sich die Attraktionswirkungen direkt, wie die Massen und umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen.

Diese gegenseitigen Einwirkungen der Himmelskörper durch ihre Massen verursachen die sogenannten Störungen, Perturbationen, welche den Lauf der Planeten um die Sonne beeinflussen. Es ist zwar die Anziehungskraft, welche die Sonne auf die Planeten ausübt, sehr groß, aber dennoch wird durch diese Größe die Einwirkung, namentlich der Planeten Jupiter und Saturn, nicht vernichtet. Bei den von der Sonne weit entfernten Planeten treten diese Störungen stärker hervor, als bei denjenigen Planeten, welche der Sonne näher sind, da die größere Entfernung eine kleinere Wirkung der Attraktionskraft der Sonne verursacht.

In welchem Verhältnis steht die Wirkung der Anziehungskraft der Sonne auf die übrigen Planeten zu ihrer Wirkung auf die Erde?

Die Größe der Wirkung der Anziehungskraft der Sonne auf die Planeten zeigt sich in dem Fallen zur Sonne in der

Bahn. Dieses Fallen der Erde zur Sonne beträgt in jeder Sekunde 3.202 mm. Setzt man nun dasselbe gleich 1, so erhält man für

Merkur	6,6763	Saturn	0,0112
Venus	1,9085	Uranus	0,0028
Mars	0,4294	Neptun	0,0015
Jupiter	0,0366		

Das Fallen der Planeten in ihren Bahnen nach der Sonne hin ist, so wie das Fallen der Gegenstände auf der Oberfläche der Planeten, nicht an allen Orten derselben gleich groß. Ersteres begründet sich in der Gestalt der Bahnen, letzteres in der Gestalt der Oberflächen der Planeten.

Es ist bei der Betrachtung der Gestalt der Erde zuerst im allgemeinen die Kugelform angenommen worden, dann ergab sich aus den Größenberechnungen in Bezug auf die Erdoberfläche eine Abweichung von dieser Kugelform, welche mit dem Namen Abplattung bezeichnet wurde. Infolge dieser Abplattung ist die Wirkung der Attraktionskraft der Erde größer an den Polen als an dem Äquator. Die Beobachtungen lassen aber erkennen, daß die Abplattung nicht allein die Abnahme der Wirkung, in der Richtung von den Polen nach dem Äquator hin, bewirken kann: diese Abnahme ist zu groß in den Resultaten der Beobachtungen. Es muß daher noch eine andere Ursache vorhanden sein, welche der Attraktionskraft entgegenwirkt. Dies führt zu der Besprechung der Umdrehung der Erde um ihre Achse, zu der Rotation der Erde.

Sechster Abschnitt.

Rotation der Erde.

Was versteht man unter der Rotation der Erde?

Rotation bezeichnet die Umdrehung der Erde um eine Achse, d. h. um eine gerade Linie, welche innerhalb der Erde liegt und daselbst von einem Punkte der Oberfläche (Nordpol) durch den Mittelpunkt bis wieder zu der Oberfläche (Südpol) reicht. Diese Umdrehung geschieht stets vollkommen gleichmäßig schnell in 24 Sternstunden (23 Stunden 56 Minuten nach gewöhnlicher Zeitbestimmung) in der Richtung von Abend nach Morgen, von dem Orte, wo die Gestirne untergehen, zu dem Orte, wo dieselben aufgehen. Bei dem Standpunkte, welchen wir auf der nördlichen Erdhälfte einnehmen, geschieht diese Drehung, wenn man den Rücken nach Norden kehrt, von rechts nach links.

Kann man nicht diese Drehung als eine von Westen nach Osten erfolgende bezeichnen?

Diese Bezeichnung kann man anwenden, wenn man unter „Osten" nur den Ort des Aufgangs und unter „Westen" den Ort des Untergangs der Gestirne versteht, aber die Richtungslinie von Osten nach Westen durchaus nicht als eine im Weltenraum festliegende annimmt. Dann nähme man „Osten" und „Westen" als bestimmte, im Weltenraum

feststehende Orte an, so würde man urteilen müssen: die eine Hälfte der Drehung der Erde geschieht von Westen nach Osten, während die andere Hälfte derselben von Osten nach Westen sich dreht. Der Beobachter in a Fig. 44 findet, daß die Drehung der Erde von Westen nach Osten, der Beobachter in b dagegen, daß dieselbe von Osten nach Westen erfolgt. Es ist nun aber die Gleichbedeutung von Osten mit Morgen und von Westen mit Abend in der gewöhnlichen Sprachweise eingebürgert und es wird in der nachfolgenden Besprechung dieser Gebrauch beachtet sein. Es war nur erforderlich, darauf hinzuweisen, daß Osten und Westen keine im allgemeinen Raume festen Punkte seien, und daß die Bezeichnungen „ostwärts" und „westwärts" im allgemeinen Raume keine bestimmten Richtungen angeben. Jede Zweideutigkeit wird vermieden, wenn man sagt, diese Drehung der Erde geschehe in der Richtung der Folge der Himmelszeichen: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische, Fig. 45.

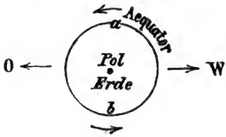


Fig. 44.

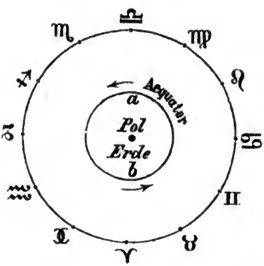


Fig. 45.

Diese Umdrehung der Erde empfinden wir nicht, da alle Gegenstände in unserer Umgebung an dieser gleichmäßigen Bewegung teilnehmen; es müssen daher Beweise für das Vorhandensein der Rotation der Erde beigebracht werden.

Welche Beweise hat man für die Wahrheit der Annahme der Erdrotation?

Um darzuthun, daß die Erde rotiere, führt man gewöhnlich eine größere Anzahl Erscheinungen und Betrachtungen an, welche die Annahme der Rotation der Erde anempfehlen, welche diese Erdumdrehung als eine höchst wahrscheinlich stattfindende erweisen. Diese Erscheinungen und Betrachtungen werden gelegentlich Erwähnung finden; zunächst sollen einige Vorkommnisse besprochen werden, welche dazu zwingen, die Annahme, daß die Erde sich um eine Achse drehe, für wahr zu halten. Diese Vorkommnisse sind: die Ablenkung freifallender Körper nach Osten, die Fortschreitung der Schwingungsebene eines freischwingenden Pendels, die regelmäßigen Südwest- und Nordostwinde, die Verminderung der Wirkung der Attraktionskraft der Erde an der Oberfläche in der Richtung von den Polen zu dem Äquator, und die Abplattung der Erde.

Wie beweist man durch die östliche Abweichung freifallender Körper die Rotation der Erde?

Tycho (1546—1601), welcher die Erde als stillstehend annahm, hatte behauptet, wenn die Drehung der Erde von Westen nach Osten stattfände, so müßten Gegenstände, welche aus beträchtlicher Höhe herabfallen, hinter der während des Fallens von Westen nach Osten sich drehenden Erdoberfläche zurückbleiben, also westlich von dem Fußpunkte einer aus dem Orte des Fallbeginns auf die Erdoberfläche gebildeten senkrechten Linie auftreffen. Es wurde aber eine derartige westliche Abweichung nicht bemerkt. Im Jahre 1679 fand über diesen Gegenstand ein Briefwechsel zwischen Newton und Hook statt. Das Ergebnis desselben war der theoretische Nachweis, daß infolge des Beharrungsgesetzes die freifallenden Körper während des Fallens ostwärts voreilen. Es falle z. B. ein Körper (Fig. 46 S. 97) von dem Punkte a zur Erdoberfläche. Die Drehungsgeschwindigkeit von Westen nach Osten ist im Punkte a größer, als im Punkte c, da a weiter von

der Rotationsachse entfernt ist, als c. Der Gegenstand in a hat beim Beginn des Fallens die daselbst vorhandene Geschwindigkeit der Fortschreitung von Westen nach Osten, und er behält dieselbe während des Fallens bei, trifft daher nicht in c auf, welcher Punkt lotrecht unter a ist, sondern in d, welcher Punkt östlich von c liegt. Es müssen aber beträchtliche Fallhöhen benutzt werden, wenn diese Abweichung deutlich sichtbar werden soll. Es sind nun mehrere in dieser Beziehung angestellte und diese Auffassung bestätigende Versuche bekannt geworden.

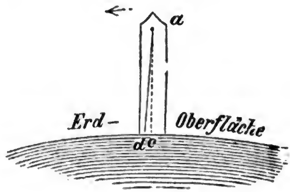


Fig. 46.

Guglielmi (1792) benutzte zu Bologna eine Fallhöhe von 240 Fuß im Turme Degli Asinelli. Er beobachtete an 16 Kugeln deutlich eine während des Fallens entstandene östliche Abweichung.

Benzenberg (1802) ließ zu Hamburg in dem 340 Fuß hohen Turme der Michaeliskirche 31 Kugeln herabfallen und bemerkte an 21 Kugeln eine östliche Abweichung von 4 Linien. Derselbe stellte auch 1803 im Kohlenwerke zu Schlebusch bei Sprockhövel in einem 260 Fuß tiefen Schacht Fallversuche an, wobei sämtliche Fallkugeln eine östliche Abweichung erkennen ließen.

Reich (1831) hatte zu Freiberg in dem Dreibrüderschacht eine Fallhöhe von 480 Fuß zur Untersuchung der Fallabweichung. Er erhielt durch 106 gelungene Versuche das Ergebnis einer Abweichung im Betrage von im Mittel 12²/₅ Linien. Alle hier angeführten Forschungen ließen eine fast völlige Übereinstimmung der Beobachtungsergebnisse mit den Ergebnissen der Berechnung erkennen; die Verschiedenheit war geringer als ²/₅ Linien. Diese beständige östliche Abweichung der freifallenden Körper läßt sich nicht anders,

als durch Rotation der Erde verursacht, erklären; es dient daher dieselbe als Beweis für das Vorhandensein der Erdumdrehung in der Richtung von Abend (Westen) nach Morgen (Osten).

Wie beweist man die Rotation der Erde aus der Fortschreitung der Schwingungsebene eines freischwingenden Pendels?

Nach dem Gesetze der Beharrung bleibt ein freischwingendes Pendel unverändert in einer und derselben Schwingungsebene, wenn auch der Aufhängeort während des Schwingens des Pendels (ohne Reibung zu verursachen) sich dreht. Das ruhende Pendel hat in der Stellung der Pendelstange oder des Pendelfadens die Richtung einer lotrechten Linie in Bezug auf die Ebene des Horizontes. Wenn man nun den Aufhängeort um diese lotrechte Linie als um eine Achse dreht, ohne dadurch das Pendel in seinen Schwingungen hindernd zu beeinflussen, und wenn man diese Drehung des Aufhängeortes irgendwie bemerkbar macht, so wird man die Veränderung, welche zwischen der Lage der Pendelebene und der Stellung des Aufhängeortes eintritt, wahrnehmen. Nimmt man nun überhaupt eine derartige Veränderung in der Fortschreitung der Pendelebene im Verhältnis zu einer auf der Grundebene gezogenen geraden Linie wahr, so ist eine von den zwei folgenden Erklärungen anzunehmen: entweder es dreht sich die Pendelebene, der Aufhängeort aber und die Grundebene bleiben in ruhiger Stellung oder es dreht sich der Aufhängeort und zugleich die Grundebene, aber die Lage der Pendelebene bleibt unverändert. Diese Drehung kann einen vollen Kreisumfang oder nur einen Teil desselben betragen. Die Größe der Drehung erkennt man aus der Größe der Abweichung der Pendelebene von einer in der Grundebene gezogenen Geraden, als welche man zweckmäßig die von Süden nach Norden gehende Linie wählt. Wenn der Aufhängeort nur fortgerückt wird, ohne daß dabei eine Drehung desselben um die lotrechte Fadenlinie des Pendels stattfindet, so verändert die Pendelebene

ihre Stellung zu der in der Grundebene gezogenen geraden Linie nicht, nur die Drehung verursacht derartige Veränderungen. Ohne Schwierigkeiten lassen sich in dazu geeigneten Apparaten die hierauf bezüglichen Versuche ausführen, und die Ergebnisse liefern die Grundanschauungen zu den Erörterungen über die nun zunächst anzuführenden Thatsachen.

Schon im Jahre 1661 hatten die Mitglieder der **Accademia del Cimento** zu Florenz bei Pendelversuchen die allmähliche Ablenkung der Schwingungsebene bemerkt, jedoch ohne die Ursache der Ablenkung zu erkennen. Erst dem französischen Physiker Léon Foucault war es (1851) beschieden, die wahre Ursache dieser Abweichung in der Rotation der Erde zu erkennen und letztere durch den berühmten, nach ihm benannten Foucaultschen Pendelversuch augenscheinlich nachzuweisen. Foucault hat seinen Versuch zuerst mit einem Pendel angestellt, das im Scheitelpunkt eines Kellergewölbes an einem feinen Faden aus Stahldraht aufgehängt war. Derselbe hatte eine Länge von zwei Metern und trug am untern Ende eine abgedrehte und polierte Messingkugel, die überdies so gehämmert war, daß ihr Schwerpunkt mit ihrem Mittelpunkte zusammenfiel. Diese Kugel wog fünf Kilogramm und sie besaß unten eine Spitze als Verlängerung, welche scheinbar die Fortsetzung des Aufhängefadens bildete. Um die Kugel, die keine drehende Schwingungen um sich selbst mehr machte, in Schwingungen zu versetzen, wurde ein Faden herumgeschlungen, dessen anderes Ende an einem festen Punkte der Mauer, in geringer Höhe über dem Boden angeknüpft war. Die Größe des Schwingungsbogens betrug gewöhnlich 15 bis 20 Grad. Sobald die Kugel des Pendels vollständig ruhig war, wurde der Faden an irgend einem Punkte seiner Länge abgebrannt, die um die Pendelkugel geschlungene Schleife fiel zu Boden, und jene, nur von der Schwerkraft getrieben, setzte sich in Gang und machte eine lange Reihe von Schwingungen, deren Ebene sich bald merklich vorschob. Nach diesem Prinzip sind mit sehr langen

Pendeln später in Paris, im Dome von Köln und an anderen Orten Pendelversuche angestellt worden. Überall zeigte sich eine Drehung der Pendelebene in der Richtung von Osten nach Westen. Diese Drehung ist aber nur eine scheinbare: es dreht sich der Boden unter ihr von Westen nach Osten. Der Beobachter empfindet die Drehung nicht, da, außer der Pendelebene, seine ganze Umgebung zugleich mit ihm dieselbe von Westen nach Osten vollbringt. Daß thatsächlich die Pendelebene in ihrer Lage beharrt und die Bodenfläche unter ihr sich von Westen nach Osten dreht, zeigt sich durch die verschiedene Größe der Drehung in verschiedenen geographischen Breiten. Je näher der Beobachtungsort dem Pole ist, desto größer zeigt sich die scheinbare Drehung der Pendelebene, am Äquator aber wird eine solche nicht bemerkt.

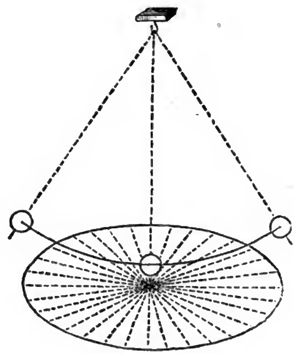


Fig. 47.

Die Größe der Drehung ist nämlich abhängig von der Stellung des Pendelfadens zu der Rotationsachse der Erde. An den Polen bilden Pendelfaden und Erdachse eine und dieselbe gerade Linie. Könnte hier die Beobachtung ausgeführt werden, so würde die Pendelebene in 24 Stunden einen vollständigen Kreis durchschreiten, da die Bodenfläche in dieser Zeit eine vollständige Umdrehung unter ihr vollbringt (Fig. 47). Am Äquator findet während der Rotation der Erde eine Drehung des Aufhängepunktes nicht statt, sondern nur Fortschreitung desselben ohne Drehung um ihn: die Pendelebene verändert folglich ihre Lage nicht, sie bleibt in der Südlinie, wenn sie in dieselbe eingestellt ist. Diese

beiden Erscheinungen, vollständige Drehung am Pol und bloße Fortrückung am Äquator, lassen sich an einem Globus leicht zur Anschauung bringen. Schwieriger ist das Verständnis der Größe der Drehung während der Rotation der Erde in verschiedenen geographischen Breiten. An den Orten zwischen Äquator und Pol erfolgt nämlich während einer Rotation der Erde keine vollständige Drehung der Ebene der Pendelschwingung um 360 Grad, sondern es wird nur ein kleinerer oder größerer Bogen des Kreises durchschritten, jenachdem der Beobachtungsort dem Äquator oder dem Pole näher ist.

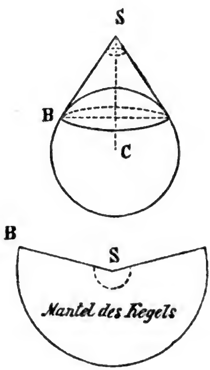


Fig. 48.

Wenn man in dem Parallel des Beobachtungsortes rings herum an den Erdglobus Berührungslinien legt, so bilden dieselben einen Kegel, dessen Spitze in die verlängerte Erdachse fällt (Fig. 48). Der Grundkreis des Mantels dieses Kegels enthält als Ausschnitt eines Kreises, dessen Halbmesser die Seitenlänge des Kegels ist, am Zentrum dieses Kreises dem Bogen gegenüber die Anzahl Grade, welche an dem Beobachtungsort des betreffenden Parallels während einer Erdumdrehung von der Pendelebene durchschritten würden, wenn das Pendel so lange die Schwingungen fortsetzte. Am Äquator bilden die Berührungslinien keinen Kegel: die Fortschreitung ist gleich Null. Je näher den Polen, desto weniger hoch und desto weniger spitz ist der Kegel, desto größer wird daher der Grundbogen des Mantels im Verhältnis zu dem Kreise, welchem er zugehört. Der Bogen der Fortschreitung der Pendelebene zeigt sich demgemäß auch größer. An den Polen geht der Kegelmantel in eine Kreisebene über: der Bogen der Fortschreitung der Pendelebene

ist zu einem Kreis vervollständigt. Die Berechnung ergiebt, daß die Größe der Ablenkung proportional ist dem Sinus der geographischen Breite des Beobachtungsortes. Es beträgt während der Zeit einer Erdrotation:

in geogr. Breite von:	0 Gr.	der Drehungsbogen:	0 Gr.,	0 Min.
„ „ „ „	5 „	„ „	31 „	23 „
„ „ „ „	10 „	„ „	62 „	31 „
„ „ „ „	20 „	„ „	123 „	8 „
„ „ „ „	30 „	„ „	180 „	0 „
„ „ „ „	40 „	„ „	234 „	24 „
„ „ „ „	45 „	„ „	254 „	33 „
„ „ „ „	50 „	„ „	275 „	47 „
„ „ „ „	60 „	„ „	311 „	46 „
„ „ „ „	70 „	„ „	338 „	17 „
„ „ „ „	80 „	„ „	354 „	32 „
„ „ „ „	90 „	„ „	360 „	0 „

Wenn daher ein Pendel vollkommen frei von fremder Beeinflussung während einer halben Stunde schwingt, so wird, da eine halbe Stunde der 48. Teil der Zeit einer vollständigen Rotation der Erde ist, die Ebene desselben eine drehende Fortschreitung haben:

in	5	Grad	geographischer	Breite	von	0	Grad	39	Min.
„	10	„	„	„	„	1	„	18	„
„	20	„	„	„	„	2	„	34	„
„	30	„	„	„	„	3	„	45	„
„	40	„	„	„	„	4	„	49	„
„	45	„	„	„	„	5	„	18	„
„	50	„	„	„	„	5	„	45	„
„	60	„	„	„	„	6	„	30	„
„	70	„	„	„	„	7	„	3	„
„	80	„	„	„	„	7	„	23	„
„	90	„	„	„	„	7	„	30	„

In verschiedenen Breiten sind Beobachtungen des frei-schwingenden Pendels ausgeführt worden, und es hat sich Übereinstimmung der Beobachtungsergebnisse mit den

Ergebnissen der Berechnung gezeigt, und da eine andere Erklärung dieser Erscheinungen nicht vorhanden, so ist durch dieselbe die Rotation der Erde erwiesen.

Wie dienen Nordost- und Südwestwind als Beweis für Rotation der Erde?

Am Äquator steigt die warme und dadurch leichte Luft in die oberen Luftschichten der Atmosphäre auf und fließt in der Höhe auf der nördlichen Hemisphäre nach Norden hin, auf der südlichen nach Süden hin ab. Zum Ersatz aber strömt aus den nördlichen und südlichen Polargegenden kältere Luft am Erdboden gegen den Äquator hin. Dabei suchen die in Bewegung befindlichen Luftmassen nach dem Gesetze der Trägheit die einmal eingeschlagene Richtung ihrer Bewegung unverändert beizubehalten. Auf der ruhenden Erde würde also in unserer Hemisphäre unten am Boden eine nordsüdliche, oben eine eine südnördliche Luftströmung vorherrschen müssen. In Wirklichkeit treffen wir am Boden eine nordöstliche, in der Höhe eine südwestliche Luftströmung. Es sind dies die Passate. Die Ursache der Abweichung gegen W ist in der Umdrehung der Erde um ihre Achse zu suchen. Infolge der letzteren hat nämlich die Luft am Äquator eine größere von Westen nach Osten gehende Rotationsgeschwindigkeit, als die Luft, welche vom Äquator (nach den Polen hin) entfernt sich befindet, da erstere mit einer Erdumdrehung einen größeren Weg zurückzulegen hat, als letztere. Wenn nun diese schneller von Westen nach Osten fortschreitende Luft in langsamer fortschreitende eintritt, so eilt sie von Westen kommend derselben voraus, wodurch ihre ursprüngliche von Süden kommende Fortschreitung in eine südwestliche, der Südwind in Südwestwind, sich umwandelt. Die untere, aus Norden kommende Luftströmung bringt umgekehrt langsamer von Westen nach Osten fortschreitende Luft in Breiten, wo diese Fortschreitung schneller erfolgt. Es bleibt daher der eindringende Nordstrom in der Bewegung von Westen nach Osten hinter

derjenigen Luft zurück, in welche er eindringt, und macht sich dadurch als eine von Osten kommende Luftströmung bemerkbar, da wir die mit uns gleichmäßige Fortschreitung der uns umgebenden Luft nicht empfinden. Hierdurch verwandelt sich der ursprüngliche Nordwind infolge der Drehung der Erde in Nordostwind. Das regelmäßige Vorkommen dieser Erscheinung am Äquatorial- und am Polarstrom (wobei lokale Einflüsse Abänderungen verursachen können, welche aber die Allgemeinheit dieser Erscheinungen im großen Ganzen nicht aufheben), namentlich im Auftreten der sogen. beständigen Passate, dient, da eine andere Erklärung dieser beobachteten Thatsachen nicht vorhanden ist, als Beweis für die Achsendrehung der Erde. Überhaupt ist die Luftbewegung innerhalb der Gebiete eines barometrischen Minimums oder Maximums als Beweis für die Rotation der Erde zu betrachten. Nach dem sogenannten barischen Windgesetze strömt die Luft als Wind von dem Orte höchsten Luftdruckes zu demjenigen niedrigen Druckes. Dabei erleidet sie auf unserer Erdhälfte stets eine Ablenkung nach rechts, auf der südlichen eine solche nach links. Diese Ablenkung ist lediglich eine Folge der Erdrotation. Allgemein wird infolge der letzteren jede horizontale Bewegung in jeder beliebigen Richtung, abgelenkt und die Größe dieser Ablenkung ist abhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung und der geographischen Breite.

Wie gestaltet sich der Beweis für Rotation der Erde, welcher sich auf die Verminderung der Wirkung der Attraktion an der Erdoberfläche stützt?

Es ist bereits erörtert worden, daß infolge der Abplattung der Erde an den Polen die dort auf der Erdoberfläche befindlichen Gegenstände dem Schwerpunkte der Erde näher sind als die am Äquator, und daß daher die Wirkung der Attraktionskraft der Erde an den Polen größer ist, als am Äquator. Es ist dies als in den Erscheinungen des Gewichts der Gegenstände, des Pendelganges und der Fallgeschwindig-

keit sichtbar dargestellt worden. Die Unterschiede aber, welche die Beobachtungen ergeben, sind größer als die Resultate der Berechnungen aus den verschiedenen Entfernungen vom Erdschwerpunkte. Die Berechnungen nach den in verschiedenen Breiten gemachten Beobachtungen ergeben, daß die Zunahme der Wirkung der Erdattraktionskraft mit der Entfernung vom Äquator in dem Verhältnis stattfindet, daß ein am Äquator 1000 kg schwerer Gegenstand am Pol 1005 kg schwer sein würde. Infolge der größeren Nähe bei dem Schwerpunkt vermehrt sich aber das Gewicht desselben nicht um 5, sondern nur um $1^1/_2$ kg. Die Ursache der zur Ergänzung auf 5 noch fehlenden $3^1/_2$ kg Gewichtszunahme liegt in der durch die Erdrotation bewirkten Flugkraft, welche der Attraktionskraft entgegenwirkt. Diese Flugkraft beträgt am Äquator $^1/_{289}$ der Schwere, nimmt nach den Polen hin ab, da die Entfernungen von der Rotationsachse mit der Fortschreitung vom Äquator zum Pol kleiner werden, und ist am Pol gleich Null. Es müssen daher infolge der Rotation die Gegenstände am Äquator um $^1/_{289}$ ihres Gewichtes leichter sein als am Pol. Wenn die Umdrehung der Erde 17 mal schneller wäre, die Erde also in 1 Stunde 24 Minuten eine Umdrehung vollbrächte, so würde die Flugkraft gleich sein der Attraktionskraft, und bei noch schnellerer Rotation würden in der Nähe des Äquators die Gegenstände, welche nicht an der Oberfläche der Erde befestigt sind, von derselben fortgeschleudert werden.

Als man die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt hatte, sandte die französische Akademie das Mitglied Richer (1672) nach der Insel Cayenne (5° nördl. Breite), damit derselbe in dieser Nähe des Äquators Versuche über die Länge des Sekundenpendels anstellte, und er fand in der That, daß dasselbe um $1^1/_4$ Linien verkürzt werden mußte, wenn die Schwingungen dieselbe Zeitdauer wie in Paris haben sollten.

Da die Berechnungen der Zunahme der Wirkung der Attraktionskraft der Erde in der Richtung vom Äquator zu

den Polen, in Betracht der sphäroidischen Gestalt der Erde und der Rotation derselben ausgeführt, in ihren Ergebnissen mit den Ergebnissen der Beobachtungen übereinstimmen, so ist sowohl die Rotation der Erde, als auch die im allgemeinen sphäroidale Gestalt ihrer Oberfläche als erwiesen zu betrachten.

In welcher Weise dient die abgeplattete Gestalt der Erdoberfläche zum Beweis für Rotation derselben?

Die gegenwärtig vorherrschende Auffassung des Entwickelungsganges der Himmelskörper, nach welcher überall ein Übergang aus gasförmigem in flüssigen und dann in festen Aggregatzustand, durch Abnahme der Wärme, stattfindet, läßt annehmen, daß auch unsere Erde diese Zustände gehabt habe. Als nun die Erde von dem flüssigen in den festen Zustand überging, konnte sie nur durch Rotation von der Kugelform abweichen und mußte durch dieselbe, infolge der Flugkraft, Erhöhung am Äquator, Abplattung an den Polen erhalten.

Es würde aber auch die Erde Erhöhung am Äquator und Abplattung an den Polen nicht behalten können, wenn die Rotation derselben nicht stattfände. Wenn auch das Festland auf längere Zeit in dieser Weise Bestand hätte, so würde doch das Wasser des Meeres von der Erhöhung am Äquator nach der Vertiefung an den Polen abfließen. Im Verlaufe der Zeit wirkt aber auch das Wasser zerstörend auf das Festland ein und führt Bestandteile desselben von Erhöhungen in Vertiefungen, und dies würde sich fortsetzen, bis schließlich eine Ausgleichung der Entfernungen vom Schwerpunkte, eine Gestaltung der Erde zur Kugelform eingetreten wäre. Diese Umgestaltung müßte im Verlaufe der Zeit entstanden sein, wenn die Erde nicht rotierte.

Wenn man aber annimmt, die Erde habe auch im festen Zustande ursprünglich Kugelform gehabt, so müßte dieselbe ebenfalls infolge der Rotation eine abgeplattete Gestalt erhalten. Das Wasser zerstört allmählich das Feste und führt

es als Sand oder Schlamm von Erhöhungen in Vertiefungen; in dieser Weise aufgelöst, ist auch das ursprüngliche Feste den Gesetzen der Flugkraft unterworfen, es müßte daher die Erde aus der Kugelgestalt in die Gestalt eines Ellipsoides übergehen. Es ist demnach auch die abgeplattete Gestalt der Erde ein Beweis für die Rotation derselben.

Welches Verhältnis besteht zwischen der Zunahme der Schwere vom Äquator zum Pol und der Größe der Abplattung?

Bezeichnet man mit a die Abplattung, mit b das Verhältnis der Zunahme der Schwere vom Äquator bis zum Pole, mit c das Verhältnis der Schwungkraft zur Schwere unter dem Äquator, so hat man nach einem von dem französischen Mathematiker Clairaut bewiesenen Satze folgende Relation:

$$a + b = 2^1/_2\, c.$$

Das Verhältnis c der Flugkraft zur Schwere unter dem Äquator ist wie bereits angegeben $= \frac{1}{289}$. Kennt man daher das Verhältnis der Zunahme der Schwere vom Äquator zum Pol, so kann man die Abplattung a der Erde berechnen, denn $a = 2^1/_2\, c - b$. Dieses Verhältnis läßt sich durch Pendelmessungen ermitteln. Wir haben oben für die Intensität der Schwere am Äquator 9.781, am Pol 9.831 gefunden. Die Zunahme beträgt also 0.050 und das Verhältnis der Zunahme $\frac{0.050}{9.781} = 0.0052$. Sonach sind b und c im obigen Ausdrucke bekannt und man findet $a = \frac{1}{288.5}$.

Welche Beweise werden angeführt, um die Rotation der Erde mit Wahrscheinlichkeit darzuthun?

Man pflegt anzuführen, daß die Sterne bei täglichem Umlaufe um die Erde eine unermeßlich große Geschwindigkeit und bei den verschiedenen Entfernungen eine genau für diese Entfernungen abgemessene Geschwindigkeit haben

müßten, während bei Rotation der Erde eine bei weitem geringere Geschwindigkeit der Erdbewegung erforderlich ist, und die gleichzeitige Vollendung eines Umlaufes aller feststehenden Gestirne sich von selbst ergiebt. Ferner giebt man an, daß ein gemeinschaftlicher Mittelpunkt für die Umläufe der Sterne nicht vorhanden sei, daß alle Sterne um eine Weltachse ihren Lauf haben müßten, deren Annahme noch einer besondern Begründung bedarf. Ferner weist man auf die Massen der Himmelskörper hin und urteilt: es sei nicht anzunehmen, daß die Erde mit ihrer verhältnismäßig geringen Masse die vielen Millionen Himmelskörper, von welchen jeder Stern mehr Masse, als die Erde, enthält, zu beherrschen vermöge. Es bedarf aber dieser Wahrscheinlichkeitsbeweise nicht, da, wie bereits mitgeteilt worden ist, Beweise vorhanden sind, welche zwingen, die Rotation der Erde als vorhanden anzunehmen.

Welche Zustände und Vorgänge auf der Erdoberfläche stehen außer den bereits genannten noch mit der Rotation der Erde in Verbindung?

Zunächst möge die Geschwindigkeit, welche irgend ein Punkt an der Erdoberfläche bei der Umdrehung der Erde hat, Erwähnung finden. Diese Geschwindigkeit kann entweder durch Winkelgrößen, oder durch Längenmaß (linear) angegeben werden. Nach Graden, Minuten und Sekunden des Bogens gemessen haben alle Punkte der Erdoberfläche gleiche Geschwindigkeit, aber linear gemessen sind die Unterschiede desto größer, je weiter die in Betracht gezogenen Orte in der Richtung von dem Äquator nach den Polen hin von einander entfernt sind. Diese Geschwindigkeit richtet sich nämlich nach der Größe der Parallelkreise, welche desto kleiner sind, je mehr sie den Polen sich nähern. Die lineare Geschwindigkeit der Fortschreitung eines Punktes der Erdoberfläche in dem von ihm beschriebenen Tageskreise ist, wenn man den Äquatorumfang zu 5400 geographischen Meilen und die Meile zu 24 000 geographischen Fuß oder

7420 Meter annimmt, entsprechend den verschiedenen Breiten in nachstehender Übersicht angegeben:

geogr. Breite		in 1 Tag		in 1 Sekunde		
in 0	Grad	5400	geogr. Meilen	1500	geogr. Fuß	= 464 m
„ 10	„	5318	„ „	1477	„ „	= 457 „
„ 20	„	5074	„ „	1410	„ „	= 436 „
„ 30	„	4676	„ „	1299	„ „	= 402 „
„ 40	„	4137	„ „	1149	„ „	= 355 „
„ 45	„	3818	„ „	1061	„ „	= 328 „
„ 50	„	3471	„ „	964	„ „	= 298 „
„ 60	„	2700	„ „	750	„ „	= 232 „
„ 70	„	1847	„ „	513	„ „	= 158 „
„ 80	„	938	„ „	261	„ „	= 81 „
„ 85	„	371	„ „	131	„ „	= 41 „
„ 89	„	94	„ „	26	„ „	= 8 „
„ 90	„	0	„ „	0	„ „	= 0 „

Ungeachtet dieser verschiedenen Geschwindigkeiten der linearen Fortschreitung in verschiedenen geographischen Breiten, sind doch bei gleichem Unterschiede in der geographischen Länge die Unterschiede der Ortszeiten einander gleich; es treten bei gleichem Längenunterschiede der Orte, die Breite mag in jedmöglicher Weise verschieden sein, die wahren Mittage in gleicher Zeitdifferenz früher oder später ein.

Welche Orte haben zu gleicher Zeit Mittag?

Es mag zunächst erwähnt sein, daß man Ortszeit und physische Zeit von einander zu unterscheiden hat. Irgend ein Zeitmoment, z. B. der gegenwärtige Augenblick, ist an allen Orten der Erde einer und derselbe, und dies wird durch physisch gleiche Zeit bezeichnet. Es ist aber dabei nicht an allen Orten eine und dieselbe Tageszeit; die Zeit nun, welche dabei eine richtig für den Beobachtungsort eingestellte Uhr angiebt, zeigt für diesen Ort die Ortszeit an. Alle unter einem und demselben Erdmeridian liegenden

Orte stimmen in der Ortszeit völlig überein; alle diese Orte haben zu gleicher Zeit Mittag und den Tagesverlauf in betreff der Zeitfolge in gleicher Weise. In Fig. 49 stelle der Halbkreis P B C A S P1 einen Erdmeridian dar. Dieser Halbkreis bestimmt mit der Achse P P1 die Lage einer Ebene. Wenn nun eine gerade Linie aus M durch C genau in die Sonne Sn trifft, so kulminiert die Sonne in C und sie ist in der Ebene dieses Erdmeridians. Da nun der am Himmel bestimmte Ortsmeridian in der Erweiterung der Ebene des Erdmeridians des Ortes liegt, so steht in diesem Moment für alle Orte dieses Erdmeridians die Sonne im Ortsmeridian am Himmel: sie kulminiert, es ist wahrer Mittag, an diesen Orten B, C, A, S.

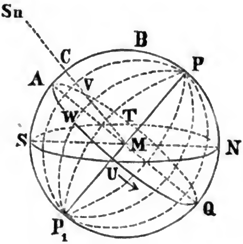


Fig. 49.

Welche Unterschiede in der Tageszeit finden an den Orten von verschiedener geographischer Länge statt?

Es ist bereits mitgeteilt worden, daß die Erde in 24 Sternstunden eine Umdrehung von Westen nach Osten vollbringt, und daß die Beobachtungen ergeben, diese Umdrehung der Erde erfolge gleichmäßig schnell. Es gelangt hierbei eine Meridianebene nach der andern in eine solche Stellung, daß sich die Sonne in ihr befindet, daß an allen Orten dieses Meridians zugleich wahrer Mittag ist, wobei die östlicher liegenden Meridiane den westlicher liegenden in der Reihenfolge vorangehen. In Fig. 50 S. 112 stellt der Kreis um M den Erdäquator dar, und die Punkte in demselben mögen die Durchschnitte der Erdmeridiane anzeigen. M ist Mittelpunkt der Erde, und eine Senkrechte aus M auf die Äquatorebene zeigt nach dem Pol hin. Die punktierten parallelen Linien gehen zu dem Ort der Sonne; sie können

hier, wegen der großen Entfernung der Sonne, als völlig parallel angenommen werden. Die Rotation der Erde geschieht in der Richtung, wie der bei T stehende Pfeil anzeigt. Wie jetzt die Stellung des Erdäquators ist, haben: A Mittag (die Sonne erscheint in der durch AM und den Pol gelegten Meridianebene), T Morgen (Sonnenaufgang, tritt in die Sonnenbestrahlung), U Abend (Sonnenuntergang, tritt aus der Sonnenbestrahlung), V Vormittag, W Nachmittag, Q Mitternacht. Nachdem A Mittag gehabt hat, tritt die nächste in der Richtung nach T hin liegende Meridianebene in eine Stellung, daß die Sonne in ihr erscheint, es wird für die Bewohner dieses Erdmeridians wahrer Mittag, und so setzt sich die Fortschreitung von Meridian zu Meridian fort, bis die Umdrehung vollendet ist.

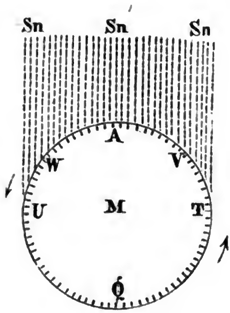


Fig. 50.

Da die Umdrehung der Erde völlig gleichmäßig geschieht und in 24 Sternstunden vollendet wird, so kommt jeder um 1 Grad westlicher stehende Meridian um 4 Zeitminuten später in die Stellung der Zeit des wahren Mittags als der östlich von ihm stehende, weil der 360. Teil von 24 Stunden den Betrag von 4 Minuten ergiebt. Es sind dies Sternzeitminuten, welche ein wenig kürzer als gewöhnliche Minuten, und zwar um je gegen $^1/_{500}$ Sekunde kürzer sind als diese. Dieser Unterschied zwischen der Sternzeit- und der gewöhnlichen Zeitlänge mag aber hier vorläufig unbeachtet bleiben. Jeder Meridian, und daher auch jeder Ort, welcher 15 Grad westlicher liegt, ist daher in der Zeit um 1 Stunde zurück gegen östlich, je 1 Grad um 4 Zeitminuten, je 1 Bogenminute um 4 Zeitsekunden, je 1 Bogensekunde um $^1/_{15}$ Zeitsekunde. Es läßt sich daher aus der Verschiedenheit, welche

Ortszeiten zu physisch gleicher Zeit aufweisen, der Abstand dieser Orte in geographischer Länge von einander ermessen: je 1 Zeitminute ergiebt 15 Bogenminuten, je 1 Stunde 15 Grad, wobei östlichere Lage stets in der Ortszeit vor, westlichere Lage in derselben nach ist.

Diese Ortszeit- und Längenbestimmungen lassen sich mit der Tabelle über Rotationsgeschwindigkeit in verschiedenen Breiten (S. 110) verbinden. Z. B. In einem und demselben Parallel, also genau östlich oder westlich, ohne nördliche oder südliche Abweichung davon, verursacht die Entfernung 4000 m (gegen 1 Stunde Weges für Fußgänger) einen Zeitunterschied von 11.3 Sekunden in 40 Grad Breite, von 11.9 Sekunden in 45, von 13.5 Sekunden in 50, von 17.2 Sekunden in 60, und von 25.3 Sekunden in 70 Grad Breite. In einer Ortschaft, welche 1 Stunde Weges ostwestlicher Ausdehnung hat, ist daher am östlichen Ende die Ortszeit in den angegebenen geographischen Breiten um die dabei bemerkten Zeitsekunden vor der Ortszeit am westlichen Ende derselben voraus. Die Ortszeitendifferenz dient auch zur Bestimmung der geographischen Länge überhaupt.

Inwiefern dient die Ortszeitendifferenz zu Ermittelung der geographischen Länge?

Um für einen Ort die Länge zu bestimmen, muß man auf einen Ersten Meridian Bezug nehmen, z. B. auf Ferro, oder Paris, oder Greenwich, und eine Uhr zur Benutzung haben, welche genau nach diesem Ersten Meridian eingestellt ist. Nun bestimmt man astronomisch die Zeit an demjenigen Orte, dessen Länge ermittelt werden soll, und vergleicht die Zeitangabe dieser Uhr des Ortes mit der Zeitangabe der Uhr des gewählten Ersten Meridians. Ist die Uhr des Ortes in Zeit vor, so liegt der Ort östlich, ist sie dagegen nach, so liegt derselbe westlich von dem gewählten Ersten Meridian, wobei, wie bereits mitgeteilt wurde, je 1 Stunde 15 Grad, je 1 Zeitminute 15 Bogen-

minuten, je 1 Zeitsekunde 15 Bogensekunden betragen. Die Uhr in Washington zeigt Vormittag 9 Uhr 0 Minuten 0 Sekunden in demselben Augenblick, in welchem eine nach Greenwicher Zeit eingestellte Uhr Nachmittag 2 Uhr 8 Min. 12 Sekunden zeigt: es liegt demnach Washington 77 Grad 3 Minuten 0 Sekunden westlich von Greenwich. Die Uhr in Moskau zeigt: Nachmittag 1 Uhr 0 Minuten 0 Sekunden in demselben Augenblick, in welchem eine nach Greenwicher Zeit eingestellte Uhr: Vormittag 10 Uhr 29 Minuten 43 Sekunden zeigt, es liegt daher Moskau 37 Grad 34 Minuten 15 Sekunden östlich von Greenwich.

Im gewöhnlichen Verkehr beginnt der Tag mit Mitternacht und enthält 12 Stunden als Vormittagszeit und 12 Stunden als Nachmittagszeit. Die astronomische Zeitrechnung hat den Tagesanfang mittags 12 Uhr, welcher Augenblick als 0 Uhr 0 Minuten 0 Sekunden bezeichnet wird, und sie zählt in einer fortlaufenden Reihe 24 Stunden, so daß z. B. die Zeit: 2. Mai Vormittag 9 Uhr, astronomisch als 1. Mai 21 Uhr angegeben wird. Es entstehen dadurch bisweilen verschiedene Zeitangaben, z. B. bei Planeten- und Kometenentdeckungen; ein am 30. Mai früh entdeckter Komet ist nach astronomischer Angabe am 29. Mai entdeckt worden. Überdies ist auch noch der Ort anzugeben, an welchem zu der Zeit der Entdeckung das Datum 29. Mai war; denn während das Datum an dem einen Ort 29. Mai war, konnte an einem andern Ort dasselbe schon 30. Mai oder noch 28. Mai sein, es ist dies abhängig von der Annahme des Ortes der Datumgrenze.

An welchem Orte der Erde beginnt das Datum?

Die Datumgrenze wird am zweckmäßigsten durch einen bestimmten Meridian festgestellt, und dazu eignet sich am besten der Meridian, welcher durch die Behringsstraße zieht, die Gruppe der Aleuten schneidet und den Großen Ozean, ohne innerhalb dieses letztern auf nennenswerte Inseln zu treffen. Wenn ein Schiff nach Westen über den Ozean fährt,

so gewinnt der Tag desselben an Länge um so viel Zeitminuten als es in 24 Stunden Viertelgrade in der geographischen Länge gegen Westen gewonnen hat. Würde dieses Schiff den ganzen Erdball umsegeln, so müßte es also einen ganzen Kalendertag verlieren, da sich derselbe minutenweise auf die einzelnen Tage der Reisedauer verteilt hat. Ein stets nach Osten um die Erde segelndes Schiff würde in der gleichen Weise jeden Tag verkürzen und zuletzt scheinbar einen Tag gewinnen. Es würde nach vollendeter Erdumsegelung beispielsweise Sonntag haben, wenn an dem Orte, von dem es ausfuhr, erst Samstag ist. Um diese Unzuträglichkeiten zu vermeiden, herrscht bei den Seefahrern der Gebrauch, bei Überschreitung des 180. Längengrades das Datum zu korrigieren.

Wenn das Schiff ostwärts, also in der Richtung der Rotationsbewegung der Erde, fährt, so werden an dieser Grenze Datum und Wochentag wiederholt, zweimal 24 Stunden angezeigt, z. B. Sonntag 12. Mai 1878 I und Sonntag 12. Mai 1878 II. Fährt das Schiff westwärts, also gegen die Richtung der Rotationsbewegung der Erde, so werden eine Datumzahl und ein Wochentag übersprungen, z. B. folgt daselbst auf Sonntag 12. Mai sogleich Dienstag 14. Mai.

Welche Verhältnisse können zwischen Horizontebene des Beobachters und Stellung der Rotationsachse der Erde stattfinden?

Es können unendlich viele Verhältnisse zwischen Horizontebene und Stellung der Erdachse zu derselben stattfinden; aber es lassen sich dieselben zweckmäßig in fünf Abteilungen einreihen. Die Richtung der Erdachse liegt:

1) In der erweiterten Ebene des astronomischen Horizontes,
2) zwischen Horizont und Scheitellinie und der Nordpol ist über dem Horizont,
3) in der Scheitellinie und der Nordpol ist über dem Horizont,

4) zwischen Horizont und Scheitellinie und der Südpol ist über dem Horizont,
5) in der Scheitellinie und der Südpol ist über dem Horizont.

Diese verschiedenen Zusammenstellungen sind nun in Betracht zu ziehen.

Wozu dient die Betrachtung der Stellung der Erdachse zu der Horizontebene?

Es ist notwendig, das Scheinbare als solches zu erkennen und aus Wirklichem zu erklären, und dazu dient die Betrachtung der Rotationsachse der Erde in ihren verschiedenen Stellungen zu den verschiedenen möglichen Horizontebenen der Beobachter. In den Bewegungsrichtungen der Erdoberflächenpunkte finden eine große Anzahl von Bewegungserscheinungen der Gestirne ihre Erklärung. Bevor aber die angegebenen Verhältnisse in Erwägung genommen werden, ist noch auf die bereits mitgeteilte Thatsache hinzuweisen, daß man in Bezug auf den Fixsternhimmel den wahren Horizont, welcher mit dem scheinbaren parallel ist und durch den Mittelpunkt der Erde geht, anstatt des scheinbaren Horizontes ansetzen kann.

Wie gestalten sich die Bewegungsrichtungen der Erdoberflächenpunkte bei den angegebenen Verhältnissen zwischen Erdachse und Horizontebene?

In den Abbildungen Fig. 52—56, welche den hierauf bezüglichen Erörterungen beigegeben sind, gelten durchgängig folgende Bestimmungen:

1) B ist der Ort des Beobachters auf der Erdoberfläche, HBT sein scheinbarer Horizont.
2) SONW bezeichnet die Lage des astronomischen Horizontes, in dessen Mitte C der Ort B zu versetzen ist.
3) In der Richtung von C nach B liegt das Zenith des Beobachters; CB bezeichnet die Richtung der Scheitellinie.

4) P ist der Nordpol, P_1 der Südpol der Erde, PP_1 ist die Rotationsachse, auf welcher die Ebenen der Rotationskreise senkrecht stehen.

Für jedmögliche Stellung gilt: wenn man den Rücken dem Nordpol zugewendet, so geschieht die Erddrehung von rechts nach links, wendet man den Rücken dem Südpol zu, so geschieht die Erddrehung von links nach rechts.

Hat man den Nordpol im Zenith, so geschieht (vor dem Beobachter) die Drehung der Erde von rechts nach links, hat man den Südpol im Zenith, so geschieht dieselbe von links nach rechts.

1) Die Erdachse liege in der erweiterten Ebene des astronomischen Horizontes (Fig. 51). Dieses Verhältnis ist vorhanden, wenn der Beobachter sich in irgend einem Punkte des Äquators befindet. Jeder Beobachter erachtet fortwährend seinen Ort für den obersten auf der Erdkugel. Der astronomische Horizont dreht sich mit der Erde um die Süd-Nord-Linie in je 24 Stunden. Jeder Punkt auf der Erdoberfläche beschreibt einen Kreis, welcher auf dem astronomischen Horizont senkrecht steht, es findet eine „gerade Aufsteigung" statt. Jeder dieser Kreise wird von dem astronomischen Horizont halbiert. In der Mitte dieser Kreise ist der Äquatorkreis; dieser ist der größte und die übrigen sind desto kleiner, je mehr sie einem Pol genähert sind. Die Bewegung geschieht in der Richtung von Q durch F nach O, wie die scheinbare Horizontebene des Beobachters thatsächlich mit der Erddrehung zugleich sich drehend fortrückt.

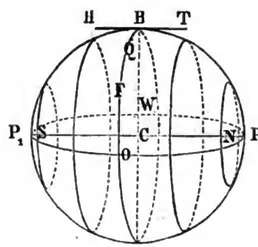


Fig. 51.

2) Die Erdachse liege zwischen dem astronomischen Horizont und der Scheitellinie, und der Nordpol sei über dem Horizont

(Fig. 52). Dieses Verhältnis findet statt, wenn der Beobachter sich an irgend einem Orte der nördlichen Erdhälfte zwischen dem Äquator und dem Pol befindet. Die Drehungsachse steht schief zu der Lage des astronomischen Horizontes, und sie ist desto mehr von der senkrechten Stellung abweichend, je mehr der Beobachtungsort von dem Äquator nach dem Pole hin entfernt ist. Nur der Äquatorkreis wird von dem astronomischen Horizonte halbiert. Kreise in der Nähe des Nordpols reichen nicht unter, in der Nähe des Südpols nicht über den astronomischen Horizont. Die Erdkugel dreht sich in der Richtung BDE um die Achse PP_1; es bleiben aber dabei die Lagenverhältnisse der Linien auf der Erdoberfläche unverändert. Der scheinbare Horizont HT rückt in Bezug auf den allgemeinen Raum in der Richtung BD als Berührungsebene der Kugel fort, und der astronomische Horizont verändert diesem Fortrücken entsprechend seine Lage im Raume.

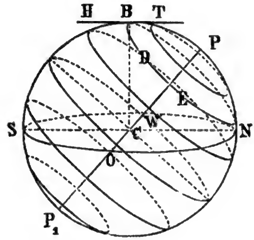


Fig. 52.

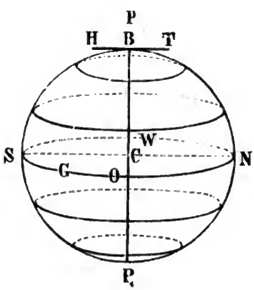


Fig. 53.

3) Die Erdachse liege in der Scheitellinie, und es sei der Nordpol über dem Horizont (Fig. 53). Dieses Verhältnis, bei welchem die Drehungsachse senkrecht auf der Horizontebene und die Drehungsrichtung dem Horizonte parallel ist, würde nur für Beobachtung am Erdpol selbst stattfinden. Die Drehungskreise sind desto kleiner, je näher sie dem

Pole liegen. Die Drehung geschieht in der Richtung S G O.

4) Die Erdachse liege zwischen dem astronomischen Horizont und der Scheitellinie und der Südpol sei über dem Horizont (Fig. 54). Dieses Verhältnis findet für alle Bewohner der südlichen Erdhälfte zwischen Äquator und Pol statt. Kreise in der Nähe des Südpols reichen nicht unter und in der Nähe des Nordpols nicht über den astronomischen Horizont. Die Drehungsrichtung geschieht in der Richtung B E D, wenn man den Rücken dem Südpol zuwendet von links nach rechts. Übrigens ist ähnlich wie in 2) schiefe Lage der Drehungskreise zu dem astronomischen Horizont.

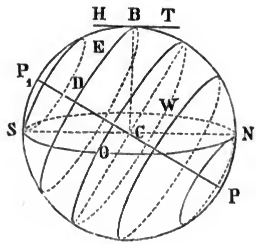


Fig. 54.

5) Die Erdachse liege in der Scheitellinie, und es sei der Südpol über dem Horizont (Fig. 55). Dieses Verhältnis würde nur für den Beobachtungsort am Südpol der Erde vorhanden sein. Wie in 3) ist hier parallele Lage der Drehungskreise in Bezug auf den Horizont. Die Drehungsachse ist senkrecht auf der Horizontebene und die Drehung geschieht in der Richtung O G S.

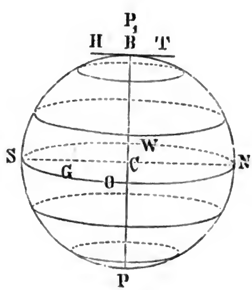


Fig. 55.

Ein Globus mit Gestell läßt auf leicht faßliche Weise diese Vorgänge veranschaulichen. Der Gestellrand entspricht der Lage des astronomischen Horizontes und man giebt der Erdachse die hervorgehobenen fünf verschiedenen

Stellungen und vollbringt die Drehung der Erde stets in derselben Richtung.

Wir empfinden diese Umdrehung der Erde nicht, halten daher die dadurch am gestirnten Himmel verursachten Bewegungserscheinungen für wirklich daselbst stattfindende Bewegungen, wir meinen, der Tageslauf der Gestirne werde thatsächlich von diesen vollbracht, während die Erscheinung desselben mit Notwendigkeit aus der Rotation der Erde folgt.

In welcher Weise zeigen sich die durch die Umdrehung der Erde verursachten Bewegungserscheinungen der Gestirne?

Am geeignetsten zur Erörterung des scheinbaren Laufes der Gestirne, welcher als Tageslauf auf der Rotation der Erde beruht, ist die Betrachtung der Fixsterne, da dieselben in ihrer scheinbaren Tagesbewegung die Bewegung der Erde gleichsam abspiegeln. Die Richtung des scheinbaren Tageslaufes der Sterne muß der Richtung der Erdrotation entgegengesetzt sein; gleichwie in einem Schiffe, dessen Fortschreitung, bei ruhigem Gange desselben, wir nicht gewahren, die Gegenstände am Ufer eine scheinbare Bewegung erhalten, nach welcher sie dem Schiffe entgegen zu kommen, der Richtung des Schiffslaufes entgegengesetzt fortzuschreiten scheinen. Die Bewegungserscheinungen der Sterne sind aber verschieden, je nach dem Orte, an welchem der Beobachter auf der Oberfläche der Erde ist, jenachdem derselbe am Äquator oder zwischen Äquator und einem der Pole sich befindet, oder als an einem der Pole sich aufhaltend gedacht wird.

Wie erscheint der Tageslauf der Sterne einem am Äquator befindlichen Beobachter?

Da die Himmelsachse die Verlängerung der Erdachse ist, so liegen bei am Äquator angenommenem Beobachtungsort Nordpol und Südpol des Himmels in der Ebene des Horizontes des Beobachters, und es treten Bewegungserscheinungen ein, welche den Bewegungen der Erdoberfläche entsprechen,

wenn die Erdachse in der Horizontebene des Beobachters liegt, nur mit dem Unterschiede, daß die scheinbaren Bewegungen am Himmel den wirklichen Bewegungen der Erdoberflächenpunkte der Richtung nach entgegengesetzt sind. Die Tageskreise der Sterne stehen senkrecht auf der Horizontebene, werden von dem Horizonte halbiert, sind desto kleiner, je näher der Stern einem der beiden Pole ist. Die Aufgänge und Untergänge der nördlichen Sterne haben nördliche, diejenigen der südlichen Sterne südliche Morgen- und Abendweite. Die Sterne, welche im Himmelsäquator stehen, beschreiben den größten Tageskreis und gehen dabei durch das Zenith des Beobachters. Der Lauf erscheint dem Beobachter, wenn er den Rücken dem Nordpole zukehrt, von links nach rechts, kehrt derselbe den Rücken dem Südpole zu, von rechts nach links, überhaupt von O durch F nach Q (Fig. 56). Durch Einstellung eines Himmelsglobus, so daß die Himmelspole am Gestellrand liegen, erhält man bei Drehung in der Richtung von O durch F nach Q die Anschauung des scheinbaren Tageslaufes der Sterne. Wenn man den Nordpol oder den Südpol über den Gestellrand erhebt, erhält man die Bewegungserscheinungen, im ersten Falle, wie dieselben für Ort des Beobachters auf der nördlichen, im andern Falle, wie dieselben für Ort des Beobachters auf der südlichen Erdhälfte sich zeigen.

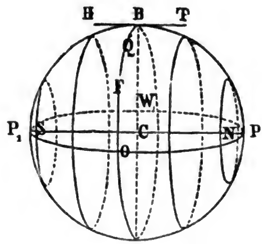


Fig. 56.

Wie erscheinen die Tagesbewegungen der Sterne den Beobachtern, welche sich an Orten zwischen Äquator und Pol befinden?

Für Beobachtungsorte auf nördlicher oder südlicher Erdhälfte erscheinen die Tageskreise desto mehr von der senkrechten Stellung zu der Horizontebene abweichend, je mehr der Pol

vom Horizont entfernt und dem Zenith genähert ist (Fig. 57 und 58). Es bleiben Tageskreise über und unter dem Horizonte, und zwar desto größere Tageskreise, je höher der Pol über dem Horizonte liegt. Die Sterne, welchen diese Tageskreise zugehören, heißen nördliche und südliche Circumpolarsterne. Die Tagesbögen nördlicher (südlicher) Sterne sind desto größer, je höher der Nord-(Süd-) Pol über dem Horizonte ist. Die Sterne im Himmelsäquator werden in allen Fällen in ihrem Tageskreise von dem Horizonte halbiert. Aufgang und Untergang der Sterne erfolgen bei nördlich vom Himmelsäquator stehenden Sternen mit nörd-

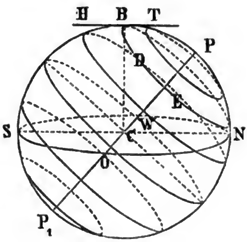


Fig. 57.

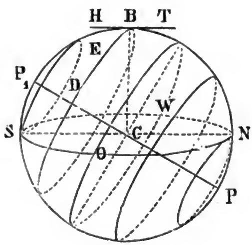


Fig. 58.

licher, bei südlich von demselben stehenden mit südlicher Morgen- und Abendweite, und es sind diese Weiten desto größer, je weiter die Sterne vom Himmelsäquator entfernt stehen.

Man pflegt meistens bei Beobachtung des Tageslaufs der auf- und untergehenden Sterne den Rücken dem über dem Horizonte befindlichen Pole zuzukehren, daher erscheint die Richtung des Tageslaufes der Sterne auf der nördlichen Erdhälfte von links nach rechts, auf der südlichen Erdhälfte von rechts nach links. Alle Sterne erreichen die größte Höhe über dem Horizont bei ihrem Durchgang durch den Mittagskreis (Meridian), und die Tagesbögen derselben werden dabei halbiert. Die Circumpolarsterne haben einen

obern und einen untern Durchgang durch den Meridian: die eine Hälfte des Tageskreises liegt auf der östlichen, die andere Hälfte desselben auf der westlichen Seite des Horizonts.

Mittels der Beobachtung dieser Circumpolarsterne lassen sich für den Beobachtungsort sowohl die Höhe des Poles über dem Horizont, als auch die Lage des Meridians finden. Der Pol ist in der Mitte zwischen höchstem und niedrigstem Stand jedes Circumpolarsternes über dem Horizont. Der Meridian ist in der Mitte zwischen größter östlicher und westlicher Stellung jedes Circumpolarsternes, steht senkrecht auf der Horizontebene und durchschneidet das Zenith.

Bei den auf- und untergehenden Sternen geben Auf- und Untergangsort die Möglichkeit, den Nordpunkt und den Südpunkt zu ermessen: diese beiden Punkte liegen nach entgegengesetzten Seiten hin am Horizont in der Mitte zwischen Aufgangs- und Untergangsort eines Sternes. Legt man nun einen Kreis durch Nordpunkt, Zenith und Südpunkt, so erhält man darin den Meridian des Beobachtungsortes. An den Polen würden Beobachter das Mittel der Beobachtung der auf- und untergehenden Fixsterne zu Meridianbestimmung nicht anwenden können, denn daselbst giebt es nur Circumpolarsterne.

Welche Erscheinungen im Tageslaufe der Sterne würden sich einem an den Polen befindlichen Beobachter darbieten?

An einem Pol als Beobachtungsort, woselbst die Erdachse in der Zenithlinie liegt und, wenn man die Refraktion nicht berücksichtigt, der Himmelsäquator den Horizont umgrenzt, würden alle sichtbaren Fixsterne einen stets zu der Horizontebene parallelen Lauf erkennen lassen (Fig. 59 u. 60 S. 124), und es würden dabei am Nordpol alle nördlich vom Äquator, am Südpol alle südlich von demselben stehenden Sterne sichtbar sein. Durch die Refraktion aber würden am Nordpol noch bis gegen einen halben Grad südlich, am Südpol nördlich vom Himmelsäquator stehende Sterne über den Horizont gehoben und daher sichtbar werden.

Nach diesen Betrachtungen im allgemeinen werden einige unsern Standpunkt auf der nördlichen Erdhälfte betreffende Bemerkungen leicht verständlich sein.

Was ist in Bezug auf die Erscheinungen, welche der Standort auf nördlicher Erdhälfte gewährt, noch zu bemerken?

Die besonders für unsern Standort auf der nördlichen Erdhälfte noch hinzuzufügenden Bemerkungen werden einen Überblick über die aus der Rotation der Erde bei Stellung

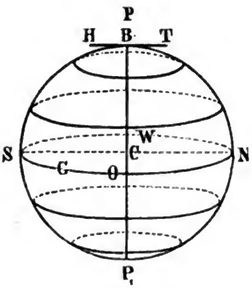


Fig. 59.

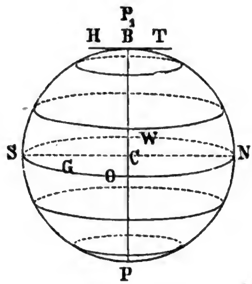


Fig. 60.

des Nordpoles des Himmels über dem Horizont des Beobachters entstehenden Folgen enthalten, wobei teils kurze Wiederholung von bereits erwähnten Erscheinungen, teils Betrachtung und Erklärung von noch nicht besprochenen Vorkommnissen und Bezeichnungen stattfinden werden. Die Fixsterne sind:

Circumpolarsterne, welche den völligen Tageskreis über dem Horizonte durchlaufen;

auf- und untergehende Sterne, welche als Äquatorsterne die eine Hälfte des Tageskreises über, die andere Hälfte unter dem Horizonte, als nördliche Sterne den größern Bogen des Tageskreises über,

den kleinern unter dem Horizonte, und als südliche Sterne den kleinern Bogen des Tageskreises über und den größern unter dem Horizonte haben, und

nicht aufgehende Sterne.

Die Äquatorsterne gehen im Ostpunkte auf, im Westpunkte unter. Die nördlichen Sterne haben nördliche, die südlichen haben südliche Morgen- und Abendweite. Morgen- und Abendweite sind desto größer, je weiter vom Himmelsäquator der Ort des Sternes ist. Die Geschwindigkeit der linearen Fortschreitung in dem Tageskreise erscheint bei den Äquatorsternen am größten, und es verringert sich dieselbe mehr und mehr mit der Entfernung der Sternörter von dem Himmelsäquator. Jeder Stern geht die Hälfte seines Tageskreises von links nach rechts, die andere Hälfte von rechts nach links. Bei den südlichen und den Äquatorsternen erblickt man nur die erstere Richtung des Laufes. Kehrt man den Rücken nach Süden, so läßt sich, namentlich an den Circumpolarsternen, sehr leicht dieser Wechsel in der Richtung des Laufes der Sterne erkennen. Die Lage des Ortsmeridians und die Polhöhe lassen sich, ersterer aus der größten östlichen und westlichen Ausweichung, letztere aus oberer und unterer Kulmination der Circumpolarsterne ermessen. Der Kreis jedes Circumpolarsternes, sowie der Tagebogen jedes auf- und untergehenden Sternes werden durch den Ortsmeridian halbiert. Dasjenige Instrument, welches so aufgestellt ist, daß seine (auf- und niedergehende) Bewegung nur in der Ebene des Ortsmeridians geschehen kann, heißt Passageinstrument. In jeder Sternwarte und in jedem Observatorium ist ein derartiges Instrument auf festem Grund aufgestellt. Man nennt dasselbe auch Meridianinstrument, oder Mittagsfernrohr, wenn ein geteilter Kreis zu Höhenmessung damit verbunden ist. Das Passageinstrument oder das Mittagsfernrohr dient auf den Sternwarten zur Bestimmung der Zeit.

Welche astronomische Bestimmungen sind noch in Erwähnung zu bringen?

Zu erwähnen und zu erläutern sind als mit der Rotation der Erde eng verbundene Gegenstände: die Sternuhr, die Coordinaten des Äquators, das bewegliche Gradnetz und das parallaktische Instrument.

Die Rotationsbewegung der Erde geschieht stets vollkommen gleichmäßig und es wird stets nach gleichem Zeitverlauf eine Umdrehung der Erde vollbracht. Das bereits erwähnte Passageinstrument hat im Gesichtsfeld ein Fadenkreuz mit parallelen Nebenfäden. Jeder Fixstern geht genau nach demselben Zeitverlauf wieder durch den senkrechten Mittelfaden des Fadenkreuzes. Diese Zeitdauer nennt man einen Sterntag, mit 24 Sternstunden, zu 60 Minuten die Stunde, und 60 Sekunden die Minute Sternzeit. Eine Uhr, bei welcher der Stundenzeiger in je 24 Sternstunden einen Umlauf vollbringt, und deren Stundenzeiger genau nach einem Punkt des sich scheinbar umdrehenden Fixsternhimmels, welchen wir aus später anzuführendem Grunde Frühlingspunkt nennen wollen, eingestellt ist, nennt man Sternuhr. Diese Uhr eilt den gewöhnlichen Uhren täglich um 3 Minuten 56 Sekunden voraus und dies summiert sich in einem Jahr zu einem Tag. Während die gewöhnlichen Uhren im Gemeinjahre 365 Tage anzeigen, giebt die Sternuhr 366 Tage an. Die Sternuhren und die gewöhnlichen Uhren haben am 21. März zu gleicher Zeit Mittag; aber dann weicht jene mehr und mehr von diesen ab. Die Sternuhr zeigt durch den Stand ihrer Zeiger bei dem Durchgange irgend eines Gestirnes durch den Mittelfaden des Passageinstrumentes an, wie viel Stunden, Minuten und Sekunden dieses Gestirn später als der Frühlingspunkt durch den Meridian geht. Dieser Abstand des Gestirnes vom Frühlingspunkt heißt die Rektascension desselben. Die Rektascension wird gewöhnlich in Zeit angegeben; man kann aber auch diese Zeit in Bogen verwandeln,

wobei man 15 Grad auf eine Stunde, und dementsprechend die Unterabteilungen, rechnet.

Das Passageinstrument muß zu der Beobachtung eines Gestirnes so eingestellt werden, daß dieses Gestirn bei seinem Durchgang durch das Gesichtsfeld dem horizontalen Mittelfaden entlang geht. Es muß daher bekannt sein, wie viel das Rohr aufwärts zu drehen ist, damit die erforderliche Höhenstellung erreicht sei. Dazu benutzt man die Lage des Himmelsäquators an dem Beobachtungsort. Die Höhe desselben im Meridian ist gleich dem Unterschied zwischen 90° und der Polhöhe. Wenn daher z. B. die Polhöhe (geographische Breite) in Dresden 51° 3′ 15″ ist, so ist daselbst die Äquatorhöhe 38° 56′ 45″. Ein Stern geht nun entweder genau in der Höhe des Äquators, oder höher oder tiefer als derselbe ist, durch den Meridian. Diese Abweichung vom Himmelsäquator in der Richtung nach dem Nordpol oder nach dem Südpol hin nennt man die Deklination des Sternes, jene nördliche, diese südliche Deklination, jene bezeichnet durch + (plus), diese durch — (minus). Jeder Fixstern hat nun seine bestimmte Rektascension und Deklination, die, von geringen Veränderungen abgesehen, konstant bleiben. Man besitzt Sternverzeichnisse, welche für eine sehr große Anzahl von Fixsternen deren Rektascension und Deklination (nebst den geringen Änderungen derselben) enthalten.

Rektaszension und Deklination stehen in Verbindung mit Himmelsäquator und Himmelspol. Der Himmelsäquator entsteht durch Erweiterung der Ebene des Erdäquators bis zu dem Himmelsgewölbe, und der Himmelspol ist der Ort am Himmelsgewölbe, auf welchen die verlängerte Erdachse trifft. Wie auf der Erdoberfläche durch die Pole und den Äquator ein Gradnetz bestimmt wird, so kann man auch am gestirnten Himmel ein solches Gradnetz bilden, welches durch die Himmelspole und den Himmelsäquator bestimmt ist, und mit der scheinbaren Umdrehung des Himmels sich dieser Umdrehung entsprechend fortbewegt. Dieses „beweg-

liche Gradnetz“ wird dadurch gebildet, daß man aus den Polen auf den Äquator senkrechte Halbkreise, Deklinationskreise, legt, wobei der erste derselben durch den Frühlingspunkt geht, und dann parallel zu dem Äquator in je einem Grad Entfernung Kreise bildet, sowohl nördlich als auch südlich vom Äquator, Parallelkreise des Himmelsäquators. Hierdurch entstehen am gestirnten Himmel Abteilungen, durch Bogen gebildet, welche am Äquator am größten sind, und, je näher den Polen, desto kleiner werden. In diesen Abteilungen stehen die Fixsterne, und die übrigen Gestirne durchwandeln dieselben, entweder wirklich oder scheinbar. Dieses Gradnetz ist thatsächlich feststehend, erscheint aber infolge der Rotation der Erde beweglich, und nach dieser Erscheinung nennen wir dasselbe das bewegliche Gradnetz. Ein Deklinationskreis nach dem andern und mit diesem die an ihm nördlich und südlich liegenden Abteilungen schieben sich im Verlaufe des Sterntages durch den Ortsmeridian, wobei man stets den durch den Frühlingspunkt gelegten Deklinationskreis als den das Beginnen des Durchschreitens anzeigenden betrachtet. Bei dem Durchgange des Frühlingspunktes durch den Ortsmeridian zeigen Stunden-, Minuten- und Sekundenzeiger der Sternuhr auf die Ziffer 0 (Mittag), und nach je 4 Minuten Sternzeit kommt je ein um einen Grad östlicher liegender Deklinationskreis in den Ortsmeridian. Das gesamte scheinbar bewegliche Gradnetz dreht sich, entgegengesetzt der Richtung der wirklichen Bewegung der Erde, in je einem Sterntage um die Weltachse, also um die gerade Linie vom Nordpol bis zu dem Südpol des Himmels.

Wenn man ein Fernrohr in der Ebene des Ortsmeridians so aufstellt, daß die eine Drehungsachse nach dem Himmelspole, die andere genau von Osten nach Westen zeigt, so entspricht die Drehung um erstere der Umdrehung der Erde, und zwar entweder in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung, jenachdem man die Drehung wählt. Durch gleich geschwinde, aber in der Richtung entgegengesetzte Drehung

des Fernrohrs im Verhältnis zu der Rotation der Erde wird in Betracht der zu beobachtenden Fixsterne die Wirkung der Erdrotation aufgehoben, und ein Stern, welcher im Gesichtsfeld des Rohres ist, bleibt in demselben, ohne daß für die Beobachtung eines aufsteigenden Sternes eine Hebung, oder für die Beobachtung eines niedersteigenden Sternes eine Senkung des Rohres erforderlich ist. Das in dieser Weise aufgestellte Rohr bleibt bei der Drehung um die erstgenannte Achse im Parallel des betreffenden Sternes, es macht überhaupt diese Drehungsbewegung parallel dem Himmelsäquator, wie der Lauf aller Fixsterne ist. Es hat die Bezeichnung „parallaktisch aufgestelltes Fernrohr" erhalten. Die gleichmäßige, dem scheinbaren Laufe der Fixsterne folgende, der Rotationsrichtung der Erde entgegengesetzte Drehung des Instrumentes kann auch durch Verbindung eines Uhrwerks mit dem Instrumente geschehen, wodurch ein parallaktisch aufgestelltes, mit Uhrwerk versehenes Instrument entsteht. Durch Drehung des Instrumentes um die andere, von Osten nach Westen gerichtete, Achse hebt man dasselbe über oder senkt es unter den Himmelsäquator, um die Einstellung des Rohres auf das Gestirn für nördliche oder südliche Deklination desselben zu bewirken. Ist nun ein Fixstern genau in die Mitte des Gesichtsfeldes eingestellt, so bleibt derselbe, wenn das Instrument in richtigem Gange ist, genau in dieser Mitte, aber Sonne, Mond, Planeten und Kometen verändern mehr oder weniger allmählich diesen Ort, denn sie verändern ihre Stellung unter den Fixsternen.

Welches sind die Veränderungen der Stellung der Sonne, des Mondes, der Planeten und der Kometen unter den Fixsternen in Beziehung zur Rotation der Erde?

Jeder Fixstern hat stets gleiche Morgen- und Abendweite, gleichen Hochstand über dem Horizont bei dem Durchgange durch den Meridian, gleich großen Tagebogen, Halbierung des Tagebogens durch den Meridian und gleiche Zeitdauer von einem Meridiandurchgange bis zu dem nächsten.

Die Sonne hat jeden Tag andere Morgen- und Abendweite, anderen Hochstand über dem Horizont bei dem Meridiandurchgange, andere Größe des Tagebogens, und es wird derselbe auch nicht vollkommen durch den Meridian halbiert. Morgen- und Abendweite sind im Sommer nördlich, im Winter südlich und dabei stets zu- oder abnehmend an Größe. Der Hochstand der Sonne über dem Horizont bei der Kulmination ist an jedem folgenden Tag vom 21. Dezbr. bis zum 21. Juni größer, vom 21. Juni bis 21. Dezember kleiner als am vorhergehenden. In gleicher Weise ist am 21. Dezember der Tagebogen am kleinsten, am 21. Juni am größten, und vom 21. Dezember bis 21. Juni zunehmend, vom 21. Juni bis 21. Dezbr. abnehmend. Ferner ist vom 21. Dezbr. bis 21. Juni der Nachmittagsbogen des Tageslaufes ein wenig größer als der Vormittagsbogen und vom 21. Juni bis 21. Dezember der Vormittagsbogen ein wenig größer als der Nachmittagsbogen. Auch ist die Zeitdauer von einem Durchgange der Sonne bis zu dem nächsten nicht gleich. Die Sonne bleibt nicht in demselben Deklinationskreise und auch nicht in demselben Parallel, wie dies doch bei den Fixsternen der Fall ist, sie rückt in den Himmelszeichen allmählich fort, erhebt sich über den Himmelsäquator, und vertieft sich dann wieder unter denselben.

Ähnliche Veränderungen zeigen sich auch in den Stellungen des Mondes und bei diesem in noch größerem Maße, so daß diese Verschiedenheiten bei ihm noch auffälliger hervortreten, als bei der Sonne.

Die Planeten und Kometen lassen außer diesen Abweichungen vom Stande und scheinbaren Gange der Fixsterne, noch eine ganz besondere Abweichung erkennen, welche darin besteht, daß sie zeitweilig weniger als 24 Sternstunden Zeitdauer von einem Meridiandurchgange bis zum nächsten haben, während die Sonne und der Mond nur längere, nie kürzere Zeit dazu bedürfen, jene gegen 4 Minuten, diese gegen 3/4 Stunde. Bei längerer Zeitdauer findet ein Fortrücken des betreffenden Himmelskörpers in der Rotations-

richtung der Erde, in der Richtung der Folge der Himmelszeichen, statt. Bei kürzerer Zeitdauer, als die Rotation der Erde beträgt, muß ein Fortrücken entgegen dieser Rotationsrichtung, ein Fortrücken des betreffenden Himmelskörpers gegen die Folge der Zeichen, entweder wirklich oder scheinbar statthaben.

Die in diesen Veränderungen der Stellungen der genannten Himmelskörper zu den Örtern der Fixsterne sich kundgebenden Bewegungen, können nun wirkliche Bewegungen dieser Himmelskörper sein, oder es können dieselben auch als durch eine Bewegung der Erde verursachte Erscheinungen sich herausstellen, und in der That hat die Erde außer der Rotation auch noch eine andere Bewegung, welche wenigstens zum Teil die angedeuteten Ortsveränderungen der Sonne, des Mondes, der Planeten und der Kometen als nur scheinbare erkennen läßt.

Welche Bewegung hat die Erde außer der Rotation?

Als zweite Bewegung der Erde nach der Rotation ist zu nennen: die Revolution derselben, oder ihre Umlaufsbewegung um die Sonne.

Siebenter Abschnitt.

Revolution der Erde.

Was bezeichnet das Wort „Revolution"?

Revolution bezeichnet in der mathematischen oder astronomischen Geographie den Umlauf der Erde um die Sonne, indem die Erde dabei sich um sich selbst dreht und stets wieder an denselben Ort zurückkehrt, welcher als Anfang des Umlaufes angenommen wird. Dieser Umlauf, bei welchem die Erde in mittlerem Abstande gegen 20 Millionen Meilen von der Sonne entfernt ist, geschieht in 365¼ Tagen.

Schon griechische Philosophen und Astronomen, Pythagoras, Aristarch von Samos und andere, hatten erkannt, daß die Sonne nicht um die Erde, sondern die Erde um die Sonne wandere. Da aber diese Auffassung mit dem Kultus der Göttin Vesta sich nicht vereinigen ließ, so wurde diese Erkenntnis nicht öffentlich gelehrt, zumal da diese Lehre völlig dem Anschein zuwider war, und man diese Wanderung der Erde, sowie die Umdrehung bei derselben nicht empfand. Copernicus, Canonicus zu Frauenburg, welchem die nach dem Ptolemäischen System sehr verwickelten Bewegungen der Planeten unwahrscheinlich schienen, erfaßte von neuem den Gedanken des Umlaufes der Erde um die Sonne und behandelte diesen Gegenstand ausführlich in einem Werke, dessen Druck im Jahre 1543, im Todesjahre dieses Schöpfers

der neueren Astronomie, vollendet war. Mehrere Astronomen der damaligen Zeit nahmen sogleich diese Auffassung als richtig an, obgleich ein direkter Beweis für die Wahrheit derselben nicht vorhanden war. Nur Wahrscheinlichkeit diente für Bestätigung dieser Anschauung, indem bei Annahme des Laufes der Erde und der übrigen Planeten um die Sonne verschiedene Erscheinungen in den Bewegungen der Planeten sich auf leichtere, auf ungezwungene und einfache Art erklären lassen. Copernicus selbst fand nur ein Vorkommnis auffällig, welches Erscheinungen am Fixsternhimmel betraf.

Welches Vorkommnis wurde von Copernicus bei der Annahme des Umlaufes der Erde um die Sonne für auffällig erachtet?

Wenn die Erde um die Sonne wandelt, so hat sie nach je einem halben Jahr sehr von einander verschiedene Stellungen in ihrer Bahn; sie hat an dem zweiten Ort B einen fast 40 Millionen Meilen betragenden Abstand von dem ersteren A (Fig. 61). Bei dieser Verschiedenheit in dem Standpunkte der Beobachtung müßte doch, schloß Copernicus, eine scheinbare Veränderung in den Örtern der Fixsterne am Himmelsgewölbe entstehen, dieselben müßten sich auf anderen Punkten des Himmels projicieren. Bei dem Standpunkte der Erde in A sollte der Stern F am Himmel in a, und bei dem Standpunkte der Erde in B sollte derselbe am Himmel in b erscheinen. Diese Erscheinung wurde aber nicht wahrgenommen. Copernicus konnte dies nur dadurch erklären, daß er annahm, die Fixsterne seien so weit von der Erde entfernt, daß die Verschiedenheit der Örter der Erde in ihrer Bahn eine scheinbare

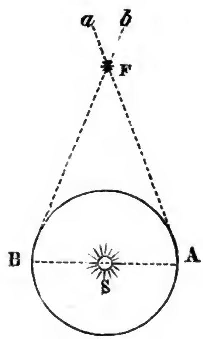


Fig. 61.

Verschiebung des Sternes nicht erkennen lasse. Je weiter nämlich der Stern von der Erde entfernt angenommen wird, desto kleiner ist die scheinbare Verschiebung, was man leicht durch eine einfache Abbildung zur Anschauung bringen kann (Fig. 62).

Man nennt den Winkel BFA den parallaktischen Winkel und seine Hälfte FSA die Parallaxe des Sterns F. Da sie sich auf die jährliche Bahn der Erde bezieht, bezeichnet man sie genauer als die jährliche Parallaxe.

Wenn nun die Fortschreitung der Sonne unter den Sternen wahrgenommen wird und die Fortschreitung der Erde nicht bewiesen ist, wie kann da die Überzeugung von der Richtigkeit der Copernicanischen Auffassung gewonnen werden?

Copernicus und die Astronomen seiner Zeit konnten allerdings mit den damals vorhandenen astronomischen Seh- und Meßinstrumenten kleine Bogen am Himmel, wie dieselben hier in Betracht kommen, nicht erblicken und daher auch die dabei vorkommenden Winkelgrößen nicht messen. Die Vervollkommnung der Instrumente in Verbindung mit dem Fortschritt in den Methoden der Forschung im Bereiche der Astronomie, die Vermehrung der Kenntnisse im Bereiche der Mechanik und der Physik ermöglichten in neuerer Zeit Wahrnehmungen und Messungen von einer Schärfe, wie dieselbe im vorliegenden Falle erforderlich ist; und so hat man denn gegenwärtig nicht bloß Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Copernicanischen Auffassung, sondern man hat direkte Beweise für die Wahrheit der Anschauung, daß die Erde um die Sonne wandelt.

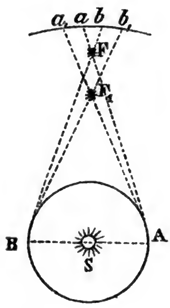


Fig. 62.

Welche Beweise hat man für Annahme des Umlaufes der Erde um die Sonne?

Bradley (1692—1762), ein englischer Astronom, bemühte sich mit Benutzung vorzüglicher astronomischer Sehrohre und Meßinstrumente, die erwähnte Verschiebung der Sterne zu entdecken, also den Winkel, welcher durch die von entgegengesetzten Standpunkten in der Erdbahn zu einem Stern gehenden Gesichtslinien gebildet wird, wahrzunehmen. Bradley bemerkte in der That eine Veränderung in dem scheinbaren Orte des Sternes; aber diese Veränderung entsprach nicht der parallaktischen Veränderung. Die Verschiebung zeigte sich nicht durch die Fortschreitung der Erde (Fig. 63) von A nach B, sondern es wurde von ihm eine Verschiebung hauptsächlich bei den Stellungen der Erde in D und in E wahrgenommen und zwar in der Größe von 20 Bogensekunden in der Folge der Zeichen, wenn die Erde in D, und ebenfalls 20 Bogensekunden, aber gegen die Folge der Zeichen, wenn dieselbe in E war. Bradley fand sehr bald die richtige Erklärung dieser in jedem Jahre wiederkehrenden Erscheinung, nannte dieses Vorkommnis „Aberration", Abirrung des Lichtes, und erkannte hierin einen Beweis für den Umlauf der Erde um die Sonne.

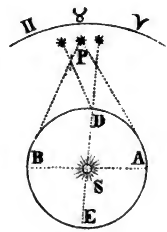


Fig. 63.

Auf welche Weise entstand in Bradley der Gedanke der Aberration?

Bradley fuhr (im September 1728) auf der Themse in einem kleinen Schiffe schnell den Strom entlang. Wiederholt näherte sich das Schiff dem Ufer und stets zeigte eine kleine Windfahne auf der Spitze des Mastes eine Veränderung in der Stellung während der Annäherung an das Ufer, und während der Entfernung von demselben, gleich als ob jedesmal während dieser Zeit der Wind eine andere Richtung

angenommen habe. Bradley teilte den Schiffsleuten die Beobachtung dieser regelmäßigen scheinbaren Veränderung der Windrichtung mit. Diese aber erwiderten, nicht die Veränderung der Windrichtung, sondern die veränderte Richtung im Laufe des Schiffes sei die Ursache dieser Drehung der Windfahne. Diese Bemerkung veranlaßte Bradley, die Zusammenwirkung der Windrichtung und der Richtung des Schiffslaufes mit einer Zusammenwirkung der Fortschreitung des Lichtstrahles und des Laufes der Erde in ihrer Bahn zu vergleichen. Die Geschwindigkeit des fortschreitenden Lichtstrahles war bereits seit 1675 bekannt; es beträgt dieselbe gegen 40 000 Meilen in jeder Sekunde, und da die Erde in ihrer Bahn (was in dem Nachfolgenden spezieller besprochen wird) in jeder Sekunde gegen 4 Meilen zurücklegt, so ist die Geschwindigkeit des Lichtes gegen 10 000 mal größer als die Geschwindigkeit des Laufes der Erde. Hierauf beruhen die Aberrationserscheinungen und die Größen der dabei vorkommenden scheinbaren Verschiebungen der Sterne.

Wie zeigen sich die Aberrationserscheinungen in Verbindung mit dem Lauf der Erde?

Bradley hatte, wie bereits erwähnt, gefunden, daß Fixsterne, welche in der erweiterten Ebene der Erdbahn stehen, stets im Verlaufe des Jahres eine vorwärts- und eine rückwärtsgehende Bewegung erkennen lassen, so daß dieselben 20 Bogensekunden nach der einen, und dann 20 Bogensekunden nach der anderen Seite hin von ihrem mittleren Orte abweichend erscheinen. Wenn Fig. 63 der Stern (P) früh 6 Uhr kulminierte (Erde in A), erschien er an seinem mittleren Orte. Dann rückte derselbe allmählich in der Folge der Zeichen fort (in der Richtung von ♉ nach ♊). Kulminierte der Stern nachts 12 Uhr (Erde in D), so erschien der Stern am weitesten von seinem mittleren Orte fortgerückt (20 Bogensekunden in der Richtung von ♉ nach ♊). Nun ging der Stern allmählich wieder zurück, und wenn

derselbe abends 6 Uhr kulminierte (Erde in **B**), erschien er wieder an seinem mittleren Ort. Von jetzt an ging der Stern weiter gegen die Folge der Zeichen (in der Richtung von ♉ nach ♈), bis bei seiner Kulmination mittags 12 Uhr (Erde in **E**), die Fortrückung nach dieser Seite hin 20 Bogensekunden betrug. Hierauf hatte er wieder einen Lauf in der Folge der Zeichen (in der Richtung von ♈ nach ♉), bis bei der Kulmination um früh 6 Uhr (Erde in **A**) seine Stellung wieder am mittleren Orte war. Nun wurde von ihm der Lauf in derselben Weise begonnen, fortgesetzt und vollendet, wie im vorhergehenden Zeitraum eines Jahres. Fixsterne, welche an Örtern stehen, nach welchen hin die Gesichtsstrahlen senkrecht zu der Ebene der Erdbahn sind, z. B. die Sterne im Kopfe des Sternbildes des Drachen, zeigen bei dem Fortschreiten der Erde in ihrer Bahn eine nahezu kreisförmige Bewegung, wobei die Entfernung des Umkreises von seinem Mittelpunkt 20 Bogensekunden beträgt.

Fixsterne, die zwischen dem Pole der Ekliptik und der Ebene derselben stehen, lassen in ihren scheinbaren Bewegungen die Ellipsenform erkennen, und zwar desto mehr von der Kreisform sich entfernend und der geraden Linie sich nähernd, je mehr der Gesichtsstrahl sich der in die Ebene der Erdbahn fallenden Richtung nähert.

Um diese Vorkommnisse der Aberration zu erklären, bedarf es einiger in das Gebiet der Optik gehörigen Erörterungen.

Welche optischen Erscheinungen sind zum Verständnis der Aberration in Erwähnung zu bringen?

Nehmen wir an, ein Schiff fahre mit der Strömung eines Flusses (Fig. 64 S. 138), und von dem Ufer gelange eine Kugel aus einem Geschosse G in die eine Seite des Schiffes und trete auf der anderen Seite wieder aus, während das Schiff seinen Lauf fortsetzt. Die Kugel tritt in a in das Schiff ein, und in b aus demselben aus. Die Richtung b a zeigt nun nicht nach G, dem Orte des Geschosses, sondern,

weil das Schiff sich fortbewegt, während die Kugel durch sein Inneres von **a** bis **b** flog, scheint es, als wenn sie aus der Richtung von S gekommen sei. Die Größe der Abirrung ist von der Geschwindigkeit des Kugelfluges und von der Geschwindigkeit des Schiffslaufes abhängig. Die Breite des Schiffes hat keinen Einfluß auf die Größe des Abirrungswinkels. Bei sich gleichbleibenden Geschwindigkeiten des Kugelfluges und des Schiffslaufes ist das Zurückbleiben der Öffnung **b** hinter der Öffnung **a** in stets gleichem Verhältnis zu der Länge des Weges, welchen die Kugel innerhalb des Schiffsraumes zurücklegt. Durch die Punkte **d**, **e** in Fig. 65 wird dies veranschaulicht. Wenn aber das Schiff geraden Laufes

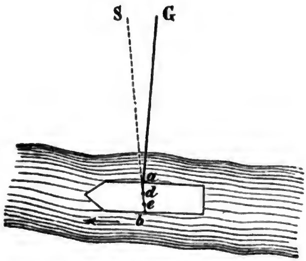


Fig. 64.

nach dem Orte des Geschosses hin fährt (Fig. 65), dann zeigt die Verbindungslinie der beiden Öffnungen genau nach dem Orte des Geschosses hin, die Aberration ist gleich Null. Zwischen den beiden angegebenen Richtungen des Schiffslaufes, nämlich senkrecht zu der Richtung des Kugelfluges und genau in der Richtung desselben, sind andere Richtungen möglich, welche entweder der ersteren oder der letzteren sich mehr nähern. Es ist die Aberration desto größer, je mehr die Richtung des Schiffslaufes sich einer zu der Richtung des

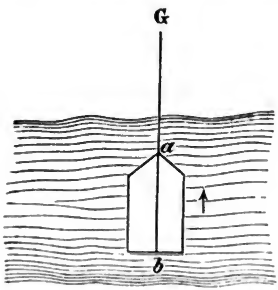


Fig. 65.

Kugelfluges senkrechten Richtung nähert, sie ist aber desto kleiner, je mehr die Richtung des Schiffslaufes der Richtung des Kugelfluges sich nähert. Hierbei ist noch darauf aufmerksam zu machen, daß der scheinbare Ort stets dem wahren Orte voraus ist, wenn man den Lauf des Schiffes der Anschauung zu Grunde legt.

In welcher Weise findet die Anwendung dieser optischen Erscheinung auf Sternörter und Erdlauf statt?

Der Lichtstrahl, welcher von dem Fixsterne ausgeht, entspricht dem Fluge der Kugel; das Auge des Beobachters, welches mit der Erde in ihrer Bahn fortgeführt wird, entspricht dem Laufe des Schiffes. Sobald der Lichtstrahl in den Bereich der fortschreitenden Erde gelangt, entsteht dieselbe Wirkung in betreff seiner scheinbaren Ablenkung, welche sich in der scheinbaren Ablenkung der Kugel zeigte, sobald dieselbe in den Schiffsraum eingetreten war. Ob nun eine größere oder kleinere Strecke in diesem Bereiche in Betracht zu ziehen ist, bleibt gleichgültig, die Größe des Aberrationswinkels hängt lediglich vom Verhältnis der Geschwindigkeit des Lichtes zur senkrecht darauf stehenden Geschwindigkeit der Erde ab, welches, wie bereits mitgeteilt wurde, 40000 zu 4 oder 10000 zu 1 ist. Die Berechnung ergiebt nun, daß, wenn in dem bei c rechtwinkeligen Dreieck, Fig. 66, die Linie ac zu der Linie cb das Verhältnis 10000 zu 1 hat, stets der Winkel bei a die Größe von 20 Bogensekunden umfaßt, und dies ist die Größe des Aberrationswinkels, wenn die Richtung des Erdlaufes senkrecht ist zu der Richtung des von dem Fixsterne kommenden Lichtstrahles.



Fig. 66.

Befindet sich die Erde in I, Fig. 67 S. 140, so haben die Geschwindigkeiten der Erde und des Lichtstrahles gleiche Richtung: der Stern erscheint an dem Orte, wo er that=

sächlich ist. Die Richtung der fortschreitenden Erde weicht nun allmählich von der Richtung des Lichtstrahles mehr und mehr ab: der Stern rückt mehr und mehr in der Folge der Zeichen scheinbar fort. Befindet sich die Erde in II, so ist die Aberration am größten, weil die Richtung der fortschreitenden Erde senkrecht ist zu der Richtung des Lichtstrahles. Von diesem Ort ab nähert die Richtung der fortschreitenden Erde sich mehr und mehr der Richtung des Lichtstrahles: die Aberration wird kleiner. Befindet sich die Erde in III, so haben wieder Fortschreitung der Erde und Lichtstrahl gleiche Richtung: die Aberration ist gleich Null. Von III ab geht die Erde in Bezug auf diejenigen Himmelszeichen, nach welchen hin der in Betracht gezogene Fixstern steht, gegen die Folge dieser Zeichen: es rückt der Stern scheinbar fort, aber jetzt gegen die Folge der Zeichen. Befindet sich die Erde in IV, so ist die Richtung ihres Laufes wieder senkrecht zu der Richtung des Lichtstrahles: die Aberration ist am größten, wie bei Stellung der Erde in II, aber die Aberration geschieht jetzt gegen die Folge der Zeichen, also nach der andern Seite hin im Verhältnis zu der scheinbaren Verschiebung bei Stellung der Erde in II. Nun schreitet die Erde fort von IV nach I, es nähert sich die Richtung der fortschreitenden Erde wieder mehr und mehr der Richtung des Lichtstrahles: die Aberration wird kleiner, bis dieselbe bei Stellung der Erde in I wieder gleich Null ist, und nun wiederholt sich der Aberrationsverlauf genau, wie derselbe für den verflossenen Zeitraum eines Jahres dargestellt wurde.

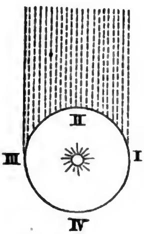


Fig. 67.

Wie es sich bei dem Laufe des Schiffes zeigte, so ist auch bei dem Laufe der Erde der scheinbare Ort stets dem wahren Orte voraus in Betracht der jeweiligen Richtung des Laufes der Erde.

Dieses scheinbare Hin- und Hergehen in gerader Linie zeigt sich bei allen Fixsternen, welche in der erweiterten Ebene der Erdbahn stehen. Es läßt sich zwar auch eine im Verlauf des Jahres regelmäßig wiederkehrende scheinbare Ortsveränderung an denjenigen Sternen erkennen, welche nicht in dieser Ebene stehen, aber diese Ortsveränderung zeigt sich infolge des veränderten Verhältnisses zwischen der Richtung des Lichtstrahles und der Richtung des Erdlaufes in etwas veränderter Weise.

Wie muß sich die Aberration bei Fixsternen gestalten, welche nicht in der erweiterten Ebene der Erdbahn, sondern an anderen Stellen des Himmels ihren Ort haben?

Nehmen wir hier vorläufig an, die Erdbahn bilde eine Kreislinie, und ziehen wir zunächst einen Fixstern in Betracht, welcher einen solchen Ort am Himmel einnimmt, daß der von ihm kommende Lichtstrahl senkrecht zu der Ebene der Erdbahn ist. In diesem Falle ist die Richtung des Erdlaufes unaufhörlich senkrecht zu der Richtung des Lichtstrahles und es muß daher unaufhörlich die größte Aberration, von 20 Sekunden, vorhanden sein. Der Fixstern muß daher stets um 20 Sekunden in der Richtung der fortschreitenden Erde vorgerückt erscheinen, und da die fortschreitende Erde (nach der Annahme) eine Kreislinie beschreibt, so muß auch der Stern scheinbar im Verlaufe des Jahres einen kleinen Kreis beschreiben, dessen Halbmesser 20 Bogensekunden beträgt, und in dessen Mitte der wahre Ort des Sternes ist. Der Ort dieses Sternes ist im Pol der erweiterten Erdbahn oder im Pol der Ekliptik.

Bei den Sternen, welche weder in der erweiterten Ebene der Erdbahn, noch im Pole derselben stehen, muß in den Aberrationserscheinungen ein Übergang von der geraden Linie zu der Kreisform statthaben, und dieser Übergang zeigt sich in mehr oder weniger langgestreckten Ellipsen, indem die Richtungslinie des Lichtstrahles als Resultante (Mittelkraft) zu betrachten ist, welche in zwei Komponenten (Seitenkräfte) zerlegt wird, nach welchen die scheinbare Ver-

schiebung erfolgt. Je näher der erweiterten Ebene der Erdbahn der Stern steht, desto näher ist die Form seiner elliptischen Aberrationserscheinung der geraden Linie; je näher derselbe dem Pol der Ekliptik steht, desto mehr nähert sich die Form seiner elliptischen Aberrationserscheinung dem Kreise.

Die jährlich regelmäßige Wiederkehr dieser Aberrationserscheinungen enthält die Grundlage zu direktem Beweise für den Umlauf der Erde um die Sonne.

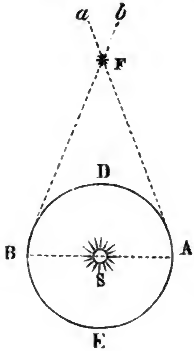


Fig. 68.

Daß diese Erscheinungen nicht parallaktische Vorkommnisse sind erkannte Bradley sogleich aus dem Gange der scheinbaren Ortsveränderung. In den Aberrationserscheinungen findet die größte Verschiebung bei den Stellungen der Erde in D und E (Fig. 68) statt; bei parallaktischen Erscheinungen muß die größte Verschiebung bei den Stellungen der Erde in A und B sich zeigen. Das Vorkommen der Aberration ist ein ebenso sicherer Beweis für die Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne als es die Auffindung einer jährlichen Fixsternparallaxe nur sein kann.

An welchen Fixsternen ist eine parallaktische scheinbare Ortsveränderung beobachtet worden?

Nachdem Copernicus, Galilei, Tycho Brahe, Riccioli, Hooke, Flamstead, Bradley, Piazzi und andere Astronomen sich vergeblich bemüht hatten, eine Parallaxe aufzufinden, gelang es endlich dem Königsberger Astronomen Bessel, an dem Stern 61 im Sternbilde des Schwans eine jährlich wiederkehrende scheinbare Verschiebung und zwar im Sinne parallaktischer Verschiebung, zu erkennen. Die Verschiebung dieses Sternes ist allerdings sehr gering,

sie beträgt nur 0″.40, also nahebei den dritten Teil einer Bogensekunde, woraus sich berechnen läßt, daß dieser Stern 516000 mal so weit von der Erde entfernt ist, als die Entfernung der Erde von der Sonne beträgt, d. i. über 10 Billionen Meilen. Obgleich der Lichtstrahl in jeder Sekunde einen Weg von nahebei 40000 Meilen zurücklegt, so vergehen doch gegen 8 Jahre, ehe der von diesem Stern ausgehende Lichtstrahl den Weg von demselben bis zu der Erde durcheilt. Nach dieser im Jahre 1836 erlangten Auffindung einer Parallaxe ist es auch anderen Astronomen gelungen, an anderen Sternen Parallaxen zu beobachten. Es wurden aufgefunden die Parallaxen 0″.75 an α des Centauren, 0″.16 an α der Leyer, 0″.15 an η der Cassiopeja, 0″.15 an p des Ophiuchus, 0″.50 an dem Stern Nr. 21185 im Lalandschen Fixsternverzeichnis, 0″.39 beim Sirius, 0″.40 bei η im Herkules und noch an mehreren anderen Fixsternen Parallaxen von kleinerer Größe.

Auch in diesem Falle ist die jährliche Wiederkehr der parallaktischen Erscheinungen ein direkter Beweis für den Umlauf der Erde um die Sonne.

Es wurde bemerkt, daß bei diesen Erörterungen die Bahn der Erde nur vorläufig als Kreis angenommen sei, und in der That ist dieselbe von der Kreisform abweichend.

Welche Gestalt hat die Erdbahn?

Die Erdbahn hat die Gestalt einer Ellipse, doch weicht dieselbe nicht viel vom Kreise ab. Obgleich der Unterschied zwischen der großen und der kleinen Achse der Erdbahnellipse in Meilen ausgedrückt eine nicht unbeträchtliche Zahl angiebt, so würde doch bei einer Zeichnung auf ein Quartblatt gewöhnlichen Schreibpapiers die Abweichung dieser Erdbahnellipse von der Kreisform sich kaum erkennen lassen, da die Brennpunkte nur um etwa 1/60 der halben großen Achse vom Mittelpunkt der Ellipse entfernt sind. Man pflegt daher bei den Veranschaulichungen, um überhaupt eine Ellipsenform erkennen zu lassen, der Erdbahn eine mehr

langgestreckte elliptische Gestalt zu geben, als sie thatsächlich hat.

Welche Entfernungen kommen bei der elliptischen Erdbahn in Betracht?

Die Sonne steht in einem Brennpunkt der Ellipse, in S Fig. 69. Die durch diesen Brennpunkt und den Mittelpunkt gehende gerade Linie, die große Achse oder Apsidenlinie, AP, beträgt 40076000 geographische Meilen, die kleine Achse, DE, 40070400 Meilen, die Exzentrizität, MS, nahebei 1/60 der halben großen Achse, 336000 Meilen. Die Erde in der Sonnennähe, im Perihel, ist 19702000 Meilen, in der Sonnenferne, im Aphel, 20374000 Meilen von der Sonne entfernt. Die halbe große Achse enthält 20038000 Meilen.

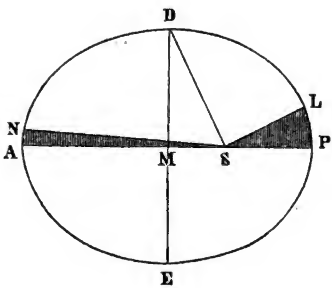


Fig. 69.

Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, der Halbmesser eines Kreises, welcher einen dem Flächeninhalt der Ellipse gleichen Flächeninhalt hat, ist 20036000 Meilen.

Die geraden Linien, aus dem Ort der Sonne (aus S) zu dem Umfange der Ellipse gezogen, die Leitstrahlen, Radienvectoren, welche die jeweilige Entfernung der Erde von der Sonne darstellen, werden größer mit dem Laufe der Erde von P durch D nach A, hingegen kleiner mit dem Laufe derselben von A durch E nach P. Der Umfang eines Kreises, welcher an Flächeninhalt der Ellipse gleich ist, hat 125900000 Meilen. Es durcheilt daher die Erde in jeder Sekunde nahebei 4 Meilen in ihrer mittleren Geschwindigkeit. Wenn man die Fortschreitung der Erde nach

dem Bogen, welchen sie bei dieser mittleren Geschwindigkeit in einem Tage durcheilt, ermißt, so erhält man 59′ 8″.3, sie steigt in der Sonnennähe auf 61′ 10″.1 und vermindert sich in der Sonnenferne bis zu 57′ 11″.7.

Welche Abweichungen von gleichmäßiger Fortschreitung finden bei dem Umlaufe der Erde um die Sonne statt?

Nach dem zweiten Keplerschen Gesetz beschreiben die Leitstrahlen in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume; es muß daher die Geschwindigkeit des Laufes der Erde in der Sonnennähe größer sein, als in der Sonnenferne. Das Dreieck PLS in Fig. 70 ist an Flächeninhalt dem Dreiecke NAS gleich, wenn die Erde den Weg von P nach L in ebensoviel Zeit zurücklegt, als sie zu dem Laufe von N nach A braucht. Da nun aber PS kleiner ist als AS, so muß PL größer sein als NA, denn PL und NA entsprechen den Grundlinien, PS und AS den Höhen dieser Dreiecke und der Inhalt jedes Dreiecks ist gleich der Hälfte des Produktes aus Grundlinie und Höhe. Bezeichnet man die von der Erde durcheilte Strecke mit dem Bogen als einen Teil des Ellipsenumfanges, so ist die größte Geschwindigkeit 1° 1′ 10″.1, die kleinste 57′ 11″.7 täglicher Fortschreitung, jene in der Sonnennähe, diese in der Sonnenferne der Erde. Bei mittlerer Geschwindigkeit durchläuft die Erde täglich einen Bogen von 59′ 8″.3 oder von nahebei 344700 Meilen. Während der Zeit eines Tages, während einer Umdrehung, rotiert ein Punkt am Äquator durch 5400 Meilen. Die

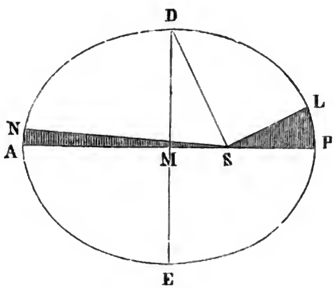


Fig. 70.

Umlaufsgeschwindigkeit der Erde ist daher gegen 64 mal so groß, als ihre Rotationsgeschwindigkeit am Äquator. Es findet demnach keine Fortbewegung der Erde in der Bahn statt, welche man mit einem Rollen vergleichen könnte, sondern es ist dieselbe aufzufassen als ein Fliegen mit dabei stattfindender allmählicher Umdrehung. Die Erdbahn enthält gegen 126 Millionen Meilen, und diese Strecke durchfliegt die Erde in einem Jahr, ein Punkt des Erdäquators legt aber infolge der Rotation in einem Jahr nur 1 972 350 Meilen zurück, wenn man die Länge des Jahres zu 365 1/4 Tagen annimmt.

Welches ist die genaue Länge des Jahres?

Der Zeitraum eines Jahres wird dadurch abgeschlossen, daß die Erde von einem Punkte ihrer Bahn ausgehend zu demselben Punkte zurückgekehrt ist. Als solchen Punkt wählt man entweder einen Fixstern, oder den bereits erwähnten Frühlingspunkt, oder den Punkt der Sonnennähe. Auf diese Weise entstehen drei Arten des Jahres, von welchen die erste, auf einen Fixstern (Sidus) bezügliche „siderisches Jahr“, die zweite, auf den Frühlingspunkt bezügliche „tropisches Jahr“, und die dritte, auf den Perihelpunkt bezügliche „anomalistisches Jahr“ heißt. Das siderische Jahr hat eine unveränderliche Länge: 365 Tage 6 Stunden 9 Minuten 10.75 Sekunden. Der Frühlingspunkt und der Perihelpunkt sind keine unveränderlich am Orte bleibenden Punkte. Jener rückt in jedem Jahr um 50 Bogensekunden gegen die Folge der Zeichen fort, geht mithin der Erde, welche in der Richtung der Folge der Zeichen ihren Lauf hat, entgegen, wodurch der Zeitraum eines tropischen Jahres kürzer wird als der Zeitraum eines siderischen Jahres, und es enthält das tropische Jahr daher nur 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 46 Sekunden. Diese Dauer ist nicht ganz unveränderlich, sondern kann sich von einem mittleren Werte bis zu 38 Sekunden entfernen. Die angegebene Dauer gilt für das Jahr 1800 und nimmt gegenwärtig im Jahrhundert um 0.54 Sekunden ab. Der

Perihelpunkt rückt in jedem Jahr um 11 Bogensekunden in der Richtung der Folge der Zeichen fort. Die Erde muß daher nach vollbrachtem siderischen Umlaufe den Perihelpunkt einholen, und dazu sind 5 Minuten 13 Sekunden erforderlich, so daß das anomalistische Jahr 365 Tage 6 Stunden 14 Minuten 23 Sekunden in sich faßt.

Welche von diesen Jahreslängen ist in gewöhnlichem Gebrauch?

Wie bei der Bestimmung der Tagesdauer, so ist auch bei der Dauer eines Jahres der Stand oder scheinbare Gang der Sonne maßgebend. Es wird nur dann ein in der Reihe der Jahre ein mit dem Verlaufe des Jahres stets gleicher Verlauf der von der Sonne abhängigen Erscheinungen erzielt, wenn man die tropische Jahreslänge der Zeitrechnung als maßgebend zu Grunde legt. Es beginnt aber dieses Jahr, welches, im Gegensatz zu dem mit 1. Dezember beginnenden meteorologischen, astronomisches genannt wird, nicht mit dem Zeitmoment, in welchem die Erde in ihrer Bahn den Frühlingspunkt oder den diesem in der Erdbahn gegenüberstehenden Herbstpunkt durchschreitet, sondern es wurde zu der Bestimmung des Jahresanfanges (von Sosigenes unter Julius Cäsars Regierung in Rücksicht auf Mondstand zu der Zeit einer Jahresregulierung) ein anderer Ort der Erdbahn gewählt, und wann die Erde diesen Ort durchschreitet ist der Jahresanfang vorhanden. Dieser Ort verändert sich entsprechend der Veränderung des Ortes des Frühlingspunktes. Gegenwärtig liegt dieser Punkt nahe bei dem Perihel; es ist aber dieses Zusammentreffen zufällig, und mit jedem Jahre entfernt sich der Ort des Jahresanfanges um ein weniges mehr von dem Perihelpunkte. Um von diesem Punkt ausgehend zu ihm zurückzukehren bedarf die Erde mehr als 365, aber weniger als 366 Tage.

Wie wird die Ausgleichung bewirkt, da es doch zweckmäßig ist, das Jahr mit einem Tagesanfang beginnen zu lassen?

Schon in frühester Zeit wurde beabsichtigt, die Dauer eines Jahres nach vollen Umdrehungen der Erde anzugeben.

Es ist nun in 365 Tagen die Erde noch nicht zu dem Ort des Anfanges des Jahreslaufes gelangt, in 366 Tagen aber hatte sie denselben schon überschritten. Es sei MN (Fig. 71) ein Teil der Jahresbahn der Erde und es beginne die Erde im Punkte J dieser Bahn den Jahreslauf. Nach genau 365 Tagen ist sie in a, nach wieder in 365 Tagen in b, dann ebenfalls nach 365 Tagen in c und schließlich nach abermals 365 Tagen in d angelangt. Um nun von d bis J zu schreiten, braucht sie einen Tag, und dieser 366. Tag dieses vierten Jahres ist der Schalttag.

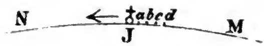


Fig. 71.

Diese Ausgleichung ist aber nicht völlig genau; der Weg, welchen die Erde in einem Tage durchwandert, ist ein wenig größer als die Länge der soeben erwähnten vier kleinen Strecken. Der daraus entstehende Fehler beträgt in 128 Jahren einen Tag, es müßte nun nach diesem Zeitraum ein Schalttag in Wegfall kommen. Die Ausgleichung ist aber so getroffen worden, daß alle vollen Jahrhunderte, deren beide erste Ziffern durch 4 ohne Rest teilbar sind, Schaltjahre, die übrigen aber gemeine Jahre sind. Mithin sind z. B. nicht Schaltjahre 1700, 1800, 1900, 2100, 2200, 2300, 2500, 2600, 2700, 2900, hingegen sind Schaltjahre 1600, 2000, 2400, 2800, 3000. Durch diese im Gregorianischen Kalender getroffene Einrichtung ist eine Einfügung voller Umdrehungen der Erde in die vollen Umläufe derselben in ihrer geschlossenen Bahn für lange Zeit genügend erreicht worden, denn erst nach mehreren Jahrtausenden wird der Fehler auf einen Tag steigen, den man dann leicht verbessern kann.

Wodurch wird der Lauf der Erde in ihrer geschlossenen Bahn verursacht?

Die Erde wird durch das Zusammenwirken der Attraktionskraft der Sonne und einer ihr eigentümlichen Flugkraft, deren Ursprung nicht bekannt ist, in ihrer Bahn gehalten. Die Sonne hat als Gravitationserscheinung die Kraftäußerung,

die Erde an sich heranzuziehen. Die Flugkraft der Erde zeigt das Bestreben, in geradliniger Richtung fortzuschreiten und dadurch die Erde von der Sonne zu entfernen. Die Zentripetalkraft (Attraktionskraft der Sonne) und die Zentrifugalkraft (Flugkraft der Erde) stehen in Betracht ihrer Größen in einem solchen Verhältnis zu einander, daß der Erdlauf nicht bloß in geschlossener Bahn geschieht, sondern daß diese Bahn auch die bestimmte Gestalt erhielt, welche sie hat. Diese beiden einander entgegengesetzten Kräfte bewirken in ihrem Zusammentreffen nach dem Gesetze des Parallelogramms der Kräfte eine Mittelkraft, welche in Betracht der Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung den Ausdruck des ersten und zweiten Keplerschen Gesetzes in sich enthält, nämlich: „Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen“ und „Die in gleichen Zeiten von den Leitstrahlen beschriebenen Flächen sind einander gleich“. Nach dem ersten dieser Gesetze muß die Erde stets nach je einem Umlauf an den gleichen Ort in betreff der Entfernung von der Sonne zurückkehren; nach dem andern muß die Fortschreitung der Erde in ihrer Bahn mit stets während eines Umlaufes veränderter, aber jährlich gleichmäßig wiederkehrender Geschwindigkeit erfolgen. Entfernung der Erde von der Sonne und Geschwindigkeit des Laufes der Erde stehen stets in einem solchen Verhältnis zu einander, daß die Erde weder von der Sonne sich entfernend in den unendlichen Raum fortfliegt, noch der Sonne sich nähernd in dieselbe stürzt.

In welcher Weise gestaltet sich das Zusammenwirken der Attraktionskraft der Sonne und der Flugkraft der Erde?

In jedem Punkte der Bahn strebt die Erde infolge des Beharrungsgesetzes, in der Richtung der Tangente in den unendlichen Raum fortzufliegen, in der Richtung A B Fig. 72 S. 150. In jedem Augenblick jedoch wirkt die Anziehungskraft der Sonne auf die Erde und zieht sie aus der Tangentenrichtung ein wenig zu sich heran, nach D. In der Sonnennähe geht die Erde schneller, und die Flugkraft ist daher größer;

aber bei der größern Annäherung an die Sonne ist auch die Wirkung der Attraktionskraft derselben stärker. In der Sonnenferne geht die Erde langsamer und die Flugkraft ist geringer; aber bei der weitern Entfernung ist auch die Wirkung der Attraktionskraft der Sonne schwächer. Auf diese Weise findet stets das entsprechende Verhältnis zwischen diesen Kräften statt, so daß die Erde in ihrer geschlossenen Bahn bleibt. Die Anziehung der Sonne beträgt in ihrer Wirkung auf die Erde im Mittel in jeder Sekunde 3.2 mm, dies summiert sich in einem Tage zu 277 m. Die sekundliche Strecke der Anziehung nennt man „Fall gegen die Sonne“. Die Entfernung von der Sonne bedingt die Größe des Falles gegen dieselbe; der Fall des Merkur gegen die Sonne beträgt 21.4 mm, derjenige des Jupiter 0.13 mm. Es wird, um diese mittlere Größe zu erhalten, die elliptische Bahn stets auf eine Kreisbahn reduziert, wobei die Sonne in der Mitte derselben angenommen ist. In gleicher Weise hat man dann auch die Erdbahn in einer Kreisform zu veranschaulichen, wenn man die Ebene derselben bis in den Fixsternhimmel erweitert sich vorstellt.

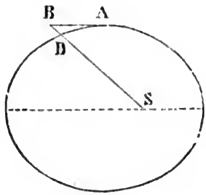


Fig. 72.

Wozu dient die Annahme der Erweiterung der Erdbahnebene bis in den Fixsternhimmel?

Die Erdbahnebene, bis in den Fixsternhimmel erweitert gedacht, geht daselbst durch zwölf Sternbilder, welche die Sternbilder des Tierkreises, des Zodiakus, genannt werden; dieselben heißen: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische. Der in diesen Sternbildern liegende, durch die Lage der Erdbahnebene bestimmte Kreis heißt Ekliptik. Dieser Kreis wird, wie jeder Kreis, in 360 Grade,

mit den Unterabteilungen der Minuten und Sekunden, eingeteilt. Die Sonne steht im Zentrum dieses Ekliptikkreises. Wird die Beobachtung als von der Sonne aus gemacht angenommen, so heißt sie *heliozentrisch*. Senkrecht zu der Ebene der Ekliptik aus dem Ort der Sonne, aufwärts sowohl, als auch abwärts, nach Norden sowohl, als auch nach Süden, wird eine gerade Linie angenommen, welche in Norden wie in Süden an den Fixsternhimmel reicht. Diese Linie ist die *Achse der Ekliptik* und es zeigt dieselbe nördlich nach dem *Nordpol der Ekliptik*, südlich nach dem *Südpol der Ekliptik*. Aus jedem der Pole werden senkrecht auf die Ekliptikebene Viertelkreisbögen gezogen, wie in Fig. 73 in Bezug auf den von der Ekliptikebene nördlichen Himmel dargestellt ist. Der Fußpunkt eines dieser Bögen trifft in einen Punkt (♈), welcher *Frühlingspunkt* (wie bei dem Anfange der Rektascension im Äquator) genannt wird. Die durch Grade angegebene Entfernung von diesem Frühlingspunkt in dem Ekliptikkreise in der Richtung der Folge der Zeichen heißt „*Länge*", *astronomische Länge*, zum Unterschiede von geographischer Länge auf der Erdoberfläche. Parallel zu der Erdbahnebene werden Kreise gelegt, welche die Erhöhung *über*, oder Vertiefung *unter* die Ekliptikebene bezeichnen, jenachdem sie nach dem Nordpol hin (über) oder nach dem Südpol hin (unter) der Ekliptikebene gelegt sind. Die Entfernung von der Ekliptikebene nach den Polen hin wird ebenfalls nach Graden gemessen und heißt „*Breite*" und zwar *astronomische Breite*,

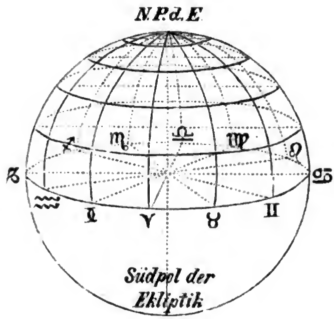


Fig. 73.

um dieselbe von der geographischen Breite auf der Erdoberfläche zu unterscheiden. Die Breite ist nördlich oder südlich, jenachdem die zu der Abmessung benutzten Breitenkreise nach dem Nordpol oder nach dem Südpol hin liegen.

Durch Angabe der Länge und Breite, welche Coordinaten der Ekliptik heißen, kann jeder Stern nach seinem Ort am Himmel bezeichnet werden. Auch läßt sich aus diesen zu der Ekliptikebene parallelen Breitenkreisen und den darauf senkrechten im Pol zusammentreffenden Quadrantenbögen ein Gradnetz bilden zur Eintragung der Fixsterne in die ihnen zugehörigen Örter. Die Entfernung vom Frühlingspunkte in der Folge der Zeichen, die Länge, und die Entfernung von der Ekliptikebene in den Quadratbögen, die Breite des Sternes, beide, sowohl die Länge als auch die Breite, werden stets in Graden, Minuten und Sekunden angegeben und bestimmen den Ort des Sternes im Gradnetz.

Wo ist in dem Ekliptikkreise der Frühlingspunkt?

Die bis in den Sternhimmel erweiterten Ebenen des Erdäquators und der Erdbahn, welche im Sternenhimmel als Kreise erscheinen, durchschneiden einander und sind $23^1/_2$ Grad gegen einander geneigt. Die Durchschnittlinie dieser Kreisebenen, die Knotenlinie derselben, geht durch ihren gemeinschaftlichen Mittelpunkt. Bei der sehr großen Entfernung der Fixsterne von der Sonne und der Erde ist es in Betracht derselben gleich, ob man die Sonne oder die Erde als in diesem gemeinschaftlichen Mittelpunkt stehend sich vorstellt; aber für nähere Himmelskörper, für die Planeten, für Kometen in ihrer Sichtbarkeit und für die Monde ändern sich die Ortsbestimmungen, jenachdem die Sonne oder die Erde in diesem Mittelpunkt angenommen wird. Man zeigt daher durch „heliozentrisch“ an, daß die Sonne, durch „geozentrisch“, daß die Erde in dem gemeinschaftlichen Mittelpunkt dieser Kreisebenen gedacht sei. Wir nehmen hier an, die Sonne stehe in diesem Mittelpunkte (Fig. 74). Die gerade Linie von ♈ bis ♎ ist die

Knotenlinie. In dem Punkte ♈ erhebt sich, nordwärts gehend, der Ekliptikkreis über den Äquatorkreis. In dem Punkte ♎ vertieft sich, südwärts gehend, der Ekliptikkreis unter den Äquatorkreis. Der Punkt ♈ heißt **Frühlingspunkt**: wenn, von der Erde aus gesehen, die Sonne in diesem Punkte erscheint, so beginnt astronomisch der **Frühling**. Der Punkt ♎ heißt Herbstpunkt, denn es ist astronomisch **Herbstanfang**, wenn der scheinbare Ort der Sonne in diesem Punkte ist. Sowohl in dem Orte ♈ als auch in dem Orte ♎ erscheint die Sonne gleichzeitig in dem Himmelsäquator und in der Ekliptik. Wenn die Erde in ihrer Bahn von dem Orte F zu dem Orte S fortschreitet, so scheint die Sonne, von der Erde aus betrachtet, mehr und mehr über den Himmelsäquator sich erhebend durch die Zeichen ♉ und ♊ bis ♋ fortzuschreiten und sie erreicht in dem Zeichen ♋ den höchsten Stand: es ist astronomisch **Sommersanfang**. Schreitet die Erde von S nach H fort,

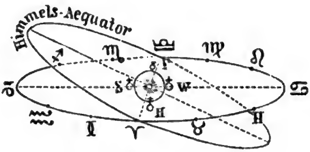


Fig. 74.

so geschieht das scheinbare Fortschreiten der Sonne, dem Himmelsäquator sich nähernd, durch die Zeichen ♌ und ♏ bis ♎. Die Erde setzt nun ihren Lauf fort von H bis W, und die scheinbar fortschreitende Sonne vertieft sich unter den Himmelsäquator, sie geht durch die Zeichen ♏ und ♐ bis ♑, woselbst sie am tiefsten unter dem Himmelsäquator steht: es ist astronomisch **Wintersanfang**. Es durchläuft die Erde den nun noch übrigen Teil ihrer Jahresbahn von W bis F, und der scheinbare Lauf der Sonne geht durch die Zeichen ♒ und ♓ bis ♈. Von nun an wiederholen sich Wanderung der Erde in ihrer Jahresbahn und dadurch verursachte scheinbare Fortschreitung der Sonne in den Himmelszeichen in gleicher Weise. Man unterscheidet

nun aufsteigende und niedersteigende Zeichen; jene sind: ♑ ♒ ♓ ♈ ♉ ♊, diese sind: ♋ ♌ ♏ ♎ ♍ ♐. Ferner unterscheidet man Frühlingszeichen: ♈ ♉ ♊, Sommerzeichen: ♋ ♌ ♏, Herbstzeichen: ♎ ♍ ♐ und Winterzeichen: ♑ ♒ ♓. Diese Himmelszeichen haben zwar ihre Namen von Sternbildern, sind aber nicht mehr an den Stellen des Himmels, wo die ihnen gleichbenannten Sternbilder stehen. Im nächsten Abschnitt wird das Verhältnis der Himmelszeichen zu den ihnen gleichbenannten Sternbildern ausführlich besprochen werden. Die Größe des Abstandes des Zeichens ♋ und des Zeichens ♑ von dem Himmelsäquator ist von der Schiefe der Ekliptik abhängig; diese Schiefe erleidet aber stetig einige Veränderung.

Welche Veränderung erleidet die Schiefe der Ekliptik?

Die Äquatorebene und die Ekliptikebene bilden gegenwärtig in ihrer Stellung zu einander einen Winkel von annähernd 23½ Grad. Für 1880 beträgt derselbe genau 23° 27′ 17″.6. Dieser Winkel, Schiefe der Ekliptik genannt, hat eine Veränderung von jährlich durchschnittlich 0″.476, zwischen den Grenzen 21° 59′ und 24° 35′. Diese Veränderungen umfassen einen Zeitraum von vielen Jahrtausenden; gegenwärtig und auf lange Jahre hinaus ist die Schiefe der Ekliptik in Abnahme. Im Jahre 1100 v. Chr. betrug sie 23° 54′ (Tcheou-Kong), 350 v. Chr. 23° 49′ 20″ (Pytheas), 1000 n. Chr. 23° 36′ 36″ (Ebn Junis), 1280 n. Chr. 23° 33′ 30″ (Cocheou-King), 1437 n. Chr. 23° 31′ 48″ (Ulug-Beigh) und 1800 n. Chr. 23° 27′ 57″ (Delambre). Von der Schiefe der Ekliptik ist im allgemeinen die Verschiedenheit der Jahreszeiten abhängig.

In welcher Weise verursacht die Schiefe der Ekliptik die Verschiedenheit der Jahreszeiten?

Die Neigung der Erdachse gegen die Ebene der Erdbahn beträgt 66½ Grad. Die Erde ändert diese Neigung während ihres Umlaufes um die Sonne, und während einer längeren Reihe von Jahren so äußerst wenig, daß man annehmen

kann, die Erdachse behalte ihre Stellung unverändert bei, sie schreite während sie rotiert parallel mit sich selbst fort. Während eines Umlaufes der Erde ist daher bei ihrem Laufe in der Nähe von I (Fig. 75) ihr Südpol, aber in der Nähe von III ihr Nordpol der Sonne zugewendet, wodurch bewirkt wird, daß die größte Erwärmung und Erleuchtung durch die Sonnenbestrahlung zu der Zeit, wo die Erde in I ist, auf die südliche, und bei der sechs Monate später eintretenden

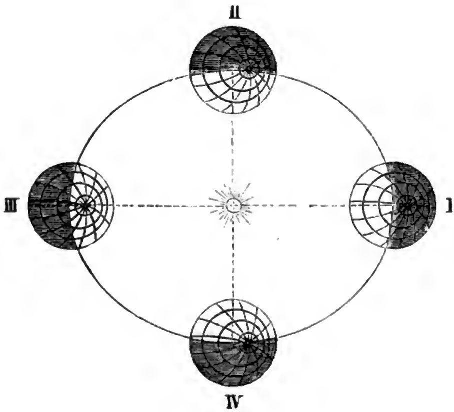


Fig. 75.

Stellung der Erde in III auf die nördliche Erdhälfte trifft. In den Stellungen der Erde in II und in IV sind beide Pole der Erde in gleicher Weise der Sonne zugewendet; dies verursacht eine gleichgroße Erleuchtung und Erwärmung auf beiden Erdhälften. Die Erde ist am 21. Dezember in I, am 21. März in II, am 21. Juni in III und am 22. September in IV. Vergegenwärtigt man sich nun, daß die Erde bei diesen Stellungen ihrer Achse rotiert, so erkennt man, daß in Stellung I die Gegenden um den Südpol, bis $23^1/_2$ Grad von demselben entfernt, ununterbrochen

Sonnenschein haben, während die Gegenden am Nordpol, und bis 23½ Grad von demselben entfernt, keine Sonnen-der bestrahlung erhalten. Dies bewirkt den Winter auf der nördlichen, den Sommer auf der südlichen Erdhälfte. Bei der Stellung der Erde in III ist ihr Nordpol der Sonne zugewendet, und es werden daher während der Rotation die Nordpolgegenden, bis zu 23½ Grad vom Pol entfernt, von der Sonne ununterbrochen beschienen, die Südpolgegenden bis zu 23½ Grad vom Pol erhalten keinen Sonnenschein. Dadurch wird Sommer auf der nördlichen und Winter auf der südlichen Erdhälfte bewirkt. Bei den Stellungen der Erde in II und in IV findet gleichgroße Strahlung von Sonnenlicht und Wärme für beide Erdhälften statt, und es ist bei der Umdrehung jeder Ort der Erde während der einen Hälfte der Umdrehungszeit von der Sonne bestrahlt, während der anderen Hälfte derselben aber ohne Sonnenbestrahlung. Bei Stellung der Erde in II findet auf der nördlichen Erdhälfte Frühling, auf der südlichen dagegen Herbst und bei Stellung derselben in IV auf nördlicher Erdhälfte Herbst, dagegen auf südlicher Frühling statt. Wegen der Gleichheit von Tag und Nacht bei dem Durchgang der Erde durch die Örter II und IV heißen die Zeiten, zu welchen dies geschieht, die „Äquinoctien“ oder die „Nachtgleichen“ und die Örter in der Erdbahn, wo dies geschieht, die „Äquinoctialpunkte“ oder „Nachtgleichenpunkte“. Die allmählich vermehrte oder verminderte Zuwendung des einen oder des anderen Poles der Erde zu der Sonne während ihres Jahreslaufes bewirkt die Übergänge von der einen Jahreszeit in die andere.

Was wird durch die Verschiedenheit der Sonnenbestrahlung in den verschiedenen Teilen der Erdoberfläche bewirkt?

Die Verschiedenheit in der durch Sonnenbestrahlung verursachten Erleuchtung und Erwärmung an verschiedenen Orten der Erdoberfläche begründet die Einteilung der Erdoberfläche in sogenannte Zonen. Diese werden durch

Erscheinungen bestimmt, welche der Mittagsstand der Sonne in Bezug auf den Horizont des betreffenden Ortes im Verlaufe des Jahres darbietet: Erscheint die Sonne im Verlaufe des Jahres wenigstens an einem Mittage im Zenith des Beobachters? Gelangt die Sonne während wenigstens einer Rotation der Erde im Verlaufe des Jahres nicht über den Horizont des Beobachters? Die Bejahung oder Verneinung dieser Fragen begründet die Grenzen von Abteilungen auf der Erdoberfläche, welche als parallel zu dem Erdäquator abgegrenzte **Zonen** sich herausstellen. Steht die Erde in I, am 21. Dezember, so ist ihr Nordpol von der Sonne 23½ Grad abgewendet, infolgedessen steht die Sonne senkrecht über den Punkten der Erdoberfläche, die 23½ Grad südlich vom Erdäquator liegen. Sie erreicht daher für die südliche Erdhälfte mittags ihre größte Höhe, für die nördliche ihre geringste. Am 21. Juni, bei der Stellung der Erde in III, steht die Sonne senkrecht über dem Breitenkreise von 23½ Grad nördlich vom Äquator, sie erreicht jetzt für die nördliche Erdhälfte ihre größte mittägige Höhe über dem Horizont, für die südliche ihre geringste. Der Streifen der Erdoberfläche zwischen 23½ Grad nördlicher und 23½ Grad südlicher Breite wird die **heiße Zone** genannt. Innerhalb derselben kommt die Sonne für jeden Ort zweimal im Laufe des Jahres in den Scheitelpunkt. Der zenithale Mittagsstand der Sonne findet statt:

in	23½°	südl.	Br.	am	21. oder 22. Dezember.
„	20°	„	„	„	21. Nov. und 20. oder 21. Januar.
„	15°	„	„	„	2. oder 3. November und 8. Februar.
„	10°	„	„	„	18. od. 19. Okt. u. 22. od. 23. Febr.
„	5°	„	„	„	5. oder 6. Okt. und 7. oder 8. März.
„	0°	„	„	„	22. od. 23. Sept. u. 20. od. 21. März.
„	5°	nördl.	Br.	am	2. April und 10. September.
„	10°	„	„	„	15. oder 16. April und 27. August.
„	15°	„	„	„	30. April od. 1. Mai u. 12. August.
„	20°	„	„	„	19. od. 20. Mai u. 23. od. 24. Juli.
„	23½°	„	„	„	21. Juni.

In dieser Zusammenstellung ist bei doppelt angezeigtem Tage das frühere Datum dem Schaltjahre (nach dem Februar) und dem darauf folgenden Jahre zugehörig.

Wenn die Erde in I steht (Fig. 75), so reicht die Sonnenbestrahlung auf der nördlichen Erdhälfte nur bis 66½ Grad, und steht die Erde in III, so reicht die Sonnenbestrahlung auf der südlichen Erdhälfte ebenfalls nur bis 66½ Grad. Hierdurch entsteht an jedem Pole eine Abteilung, in welche zeitweilig keine Sonnenstrahlen gelangen. Diese Abteilungen werden durch Breitenkreise begrenzt, welche je von einem Pole 23½ Grad entfernt liegen. Weiter können dieselben nicht von den Polen entfernt sein, da der zenithale Mittagsstand der Sonne nicht weiter als einerseits 23½ Grad südlich, anderseits 23½ Grad nördlich geht, und da die Bestrahlungsgrenze stets 90 Grad von dem Zenithstand der Sonne entfernt rings um denselben herum sich befindet. Es bilden daher die Breitenkreise 66½ Grad vom Äquator oder je 23½ Grad von jedem Pole ebenfalls Grenzen von Abteilungen, welche die Pole umgeben, und „kalte Zonen" genannt werden, da wegen des zeitweiligen Fehlens der Sonnenbestrahlung und wegen niedrigen Standes der Sonne über dem Horizont nur geringe Erwärmung daselbst stattfindet.

Auf jeder der beiden Erdhälften bleibt nun eine Abteilung zwischen 23½ Grad und 66½ Grad Breite übrig. Diese Abteilungen heißen „gemäßigte Zonen", da in diesen Zonen die Sonnenstrahlen niemals senkrecht auf die Horizontebene auffallen, aber auch nicht ein länger, als höchstens eine Rotation der Erde währender Mangel der Sonnenbestrahlung daselbst eintritt. Wenn nun auch an den Grenzen eine schroffe Abscheidung in Betracht der Erwärmung nicht statthat, sondern ein allmählicher Übergang vorhanden ist, so herrscht doch im allgemeinen in den gemäßigten Zonen (abgesehen von lokalen Einflüssen) weder sehr große Hitze noch sehr große Kälte, und es ist dies vor-

nehmlich in einiger Entfernung von den Wendekreisen und den Polarkreisen bemerkbar.

Was versteht man unter Wendekreis und Polarkreis?

Die beiden Parallelkreise, welche sich 23½ Grad nördlich und 23½ südlich vom Äquator befinden, werden Wendekreise genannt. Den nördlichen bezeichnet man als Wendekreis des Krebses, den südlichen als Wendekreis des Steinbocks. Die beiden Parallelkreise, welche sich je 23½ Grad von beiden Polen entfernt befinden, heißen Polarkreise, der eine wird als nördlicher, der andere als südlicher Polarkreis bezeichnet.

Da die Erde kugelförmig ist, so erhält stets die eine Hälfte derselben Sonnenbestrahlung, während die andere Hälfte von der Sonne nicht bestrahlt wird. Von dem Orte, wo die Sonne im Zenith erscheint, reicht auf der Erdoberfläche nach allen Richtungen hin die Bestrahlung bis 90 Grad weit, wie bereits bemerkt wurde. Am 21. Dezember ist der zenithale Stand der Sonne in 23½ Grad südlicher Breite; es reicht daher die Sonnenbestrahlung auf nördlicher Erdhälfte nur bis 66½ Grad nördlicher Breite, aber auf südlicher Erdhälfte bis 23½ Grad über den Südpol hinweg. Vom 21. Dezember bis 21. März rückt der zenithale Stand der Sonne allmählich bis zu dem Äquator, und so rückt die Bestrahlungsgrenze auf nördlicher Erdhälfte allmählich bis zu dem Nordpol und auf südlicher Erdhälfte rückt die über den Nordpol reichende Bestrahlung allmählich zurück bis zu dem Südpol. Vom 21. März geht die zenithale Bestrahlung allmählich bis 23½ Grad nördlicher Breite; es rückt daher auch die Grenze der Bestrahlung auf nördlicher Erdhälfte bis 23½ Grad über den Nordpol, auf südlicher Erdhälfte vom Pole nach dem Äquator hin bis 66½ Grad südlicher Breite. In dem Parallelkreis 23½ Grad nördlicher Breite wendet sich der zenithale Sonnenstand wieder dem Äquator zu, daher heißt dieser

Kreis der nördliche Wendekreis, gelangt am 22. September wieder zu dem Äquator, am 21. Dezember zu 23½ Grad südlicher Breite und wendet sich nun wieder nordwärts, daher der 23½ Grad südliche Breitenkreis der südliche Wendekreis genannt wird.

In den Wendekreisen erscheint der zenithale Stand der Sonne, infolge der daselbst stattfindenden Umkehr und der vor und nach der Umkehr stattfindenden sehr geringen Änderung, einige Tage als gleichsam verharrend. Man sagt daher, die Sonne befindet sich daselbst in den „Solstitien“, welches Wort auf einen daselbst eintretenden scheinbaren Stillstand der Sonne hindeutet.

Wie lange dauern in den verschiedenen Breiten die längsten und die kürzesten Tage im Verlaufe des Jahres, wenn man die Dauer von Aufgang bis Untergang der Sonne einen Tag nennt?

Am Äquator selbst sind stets Tag und Nacht einander gleich, stets je 12 Stunden enthaltend. Es ist aber hierbei die Refraktion unbeachtet gelassen und der Mittelpunkt der Sonnenscheibe als die Auf- und Untergangszeit der Sonne bezeichnend angenommen. An den Orten zwischen dem Äquator und 66½ Grad Breite enthält der längste Tag des Jahres weniger als 24 Stunden. An den Orten über 66½ Grad Breite bis zu dem Pole kann das ununterbrochene Verweilen der Sonne über dem Horizonte länger als 24 Stunden, mehrere Tage (zu 24 Stunden), Wochen, ja Monate währen. Je weiter vom Äquator entfernt, je mehr dem Pole genähert der Beobachtungsort liegt, desto länger ist die Dauer des längsten Tages, der Zwischenzeit von Aufgang bis Untergang der Sonne, im Jahre. Aus nachfolgender Zusammenstellung ist die für die verschiedenen Breiten (ohne Berücksichtigung der Refraktion) berechnete Dauer des längsten Tages im Jahre ersichtlich:

Geogr. Br. Gr.	Min.		Längster Tag St.	Min.	Geogr. Br. Gr.	Min.		Längster Tag St.	Min.
0	0	..	12	0	60	0	..	18	30
8	34	..	12	30	61	19	..	19	0
16	44	..	13	0	62	26	..	19	30
24	12	..	13	30	63	23	..	20	0
30	48	..	14	0	64	11	..	20	30
36	31	..	14	30	64	50	..	21	0
41	24	..	15	0	65	22	..	21	30
45	32	..	15	30	65	48	..	22	0
49	2	..	16	0	66	8	..	22	30
52	0	..	16	30	66	21	..	23	0
54	31	..	17	0	66	29	..	23	30
56	38	..	17	30	66	32	..	24	0
58	27	..	18	0					

Geogr. Br. Gr.	Min.		Längstes Verweilen d. Sonne über d. Horizont. Monat.
67	23	..	1
69	50	..	2
73	40	..	3
78	11	..	4
84	5	..	5
90		..	6

An jedem Ort ist der Dauer des längsten Tages die Dauer der ein halbes Jahr später eintretenden längsten Nacht gleich. Da man für die Orte vom Äquator bis 66 ½ Grad Breite stets die Dauer der Nacht erhält, wenn man die Dauer des Tages von der 24 Stunden betragenden Rotationszeit abzieht, so ist an jedem dieser Orte die Dauer sowohl des kürzesten Tages als auch der kürzesten Nacht in dem Unterschiede zwischen 24 Stunden und der Dauer des längsten Tages enthalten. An jedem Orte der nördlichen Erdhälfte ist der kürzeste Tag zu Anfang unseres (astronomischen) Winters, bei niedrigstem Mittagsstand der Sonne über dem Horizonte, den 21. Dezember, und der längste Tag zu Anfang unseres Sommers, bei höchstem Mittagsstand der Sonne über dem Horizonte, den 21. Juni; zu jener Zeit beschreibt die Sonne den kleinsten, zu dieser den größten Tagebogen über dem Horizonte des betreffenden Ortes im Verlaufe des Jahres. Zu- und Abnahme der Tageslängen, des Verweilens der Sonne über dem Horizonte, geschehen allmählich. Die Veränderungen von einem Tage zu dem andern sind am größten zu der Zeit der Äquinoctien, am kleinsten zu der Zeit der Solstitien. Die Größen der Veränderungen

zu der Zeit der Äquinoctien sind um so beträchtlicher, je weiter der Beobachtungsort vom Äquator nach dem Pole hin entfernt ist.

Die Zonen oder Erdgürtel, welche von den in dieser Zusammenstellung angegebenen Breitenkreisen begrenzt werden, wurden in früherer Zeit „Klimata“ genannt. Es wurden aber damals durch das Wort „Klima“ nicht die nach Boden und Witterung überhaupt bestimmten Zustände der atmosphärischen Luft einer Gegend angezeigt, sondern nur die nach geographischer Breite erfolgende Neigung der Sonnenstrahlung zu der Horizontebene und die dadurch bewirkten Temperaturverhältnisse angedeutet. Hiernach hat man das natürliche Klima von dem geographischen oder astronomischen zu unterscheiden. Die griechischen Geographen nennen sieben Klimate und bezeichnen dieselben nach irgendwie beachtenswerten Orten, durch welche die betreffenden Breitenkreise gelegt sind.

Wie sind die sieben Klimate der griechischen Erdbeschreiber abgegrenzt?

Das I. Klima enthält den heißen Erdstrich und es geht die nördliche Grenze dieses Klima durch Meroe in Äthiopien. Der längste Tag an dieser Grenze wurde zu 13 Stunden angenommen. Darauf folgten die übrigen Klimata mit nachstehend angegebenen nördlichen Grenzen und größten Tagesbögen im Verlaufe des Jahres an den Orten dieser Grenzen.

Klimate.	Nördliche Grenze.	Längster Tag.
I. Klima	Meroe in Äthiopien	13 Std. 0 Min.
II. . . .	Syene in Ägypten	13 „ 30 „
III. . . .	Alexandrien	14 „ 0 „
IV. . . .	Rhodus	14 „ 30 „
V. . . .	Rom	15 „ 0 „
VI. . . .	Mitte des Schwarzen Meeres	15 „ 30 „
VII. . . .	Mündung des Boristhenes	16 „ 0 „

Die Grenzen des VI. und VII. (Dnjepr) Klima werden von einigen Geographen des Altertums auch anders, als hier angegeben ist, angenommen: man setzte als Grenze des VI. Klima Byzanz mit 15 Stunden 15 Minuten und als VII. Klima die Rhipäischen Berge. Im allgemeinen war überhaupt die geographische Kenntnis maßgebend für Einsetzung der Klimate, und mit der Erweiterung dieser Kenntnis trat Vermehrung der Klimate ein, so daß schließlich die Zahl derselben bis auf 30 sich erhöhte. Einen besonderen wissenschaftlichen Wert aber hat diese Einteilung nicht, weshalb sie heute nur noch ein historisches Interesse besitzt.

Wie sind die Wärmeverhältnisse bei alleiniger Berücksichtigung der Mittagshöhen der Sonne und des Verweilens derselben über dem Horizonte?

Die Summe der im Verlaufe des Jahres durch Sonnenbestrahlung erzeugten Wärmemengen an dem Äquator, in den Wendekreisen, in 45 Grad geographischer Breite, in den Polarkreisen und an den Polen stehen, nach Lamberts Berechnung, in dem Verhältnis der Zahlen: 12, 11, 9, 6 und 5.

Zu Anfang des Frühlings, des Sommers, des Herbstes und des Winters ist, nach Halleys Berechnung, die durch Sonnenbestrahlung in verschiedenen geographischen Breiten verursachte Tageswärmemenge in nachfolgender tabellarischen Übersicht angegeben. Bei der Sonnenbestrahlung sind maßgebend: die Größe des Tagebogens (Dauer des Verweilens der Sonne über dem Horizont) und die Lage des Tagebogens im Verhältnis zu der Horizontebene. Die Wärmemengen sind nicht absolut, sondern relativ angezeigt: es ist die an einem Ort im Äquator zu Frühlings- und zu Herbstanfang, während eines Tages (Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang), durch Sonnenbestrahlung verursachte Wärmemenge mit 10000 bezeichnet, und nach dieser Zahl sind die in der Tabelle je für Ort und Zeit eingestellten Zahlen (verhältnismäßig) berechnet.

Nördliche geogr. Breite.	Frühlings- und Herbstanfang.	Sommers-anfang.	Winters-anfang.
0 Grad	10000	9170	9171
10 „	9848	10145	7917
20 „	9397	10868	6583
30 „	8660	11325	5062
40 „	7660	11524	3472
50 „	6427	11495	1899
60 „	5000	11386	537
70 „	3420	11772	0
80 „	1736	12336	0
90 „	0	1252	0

Es verhält sich demnach z. B. die Menge der Sonnenwärme des längsten Tages in 50 Grad Breite zu dieser Wärme in 20 Grad Breite wie 11495 zu 10868; ferner in 40 Grad Breite: die Wärmesumme des längsten Tages zu derjenigen des kürzesten wie 11524 zu 3472. Es wird aber die thatsächlich an einem Ort vorhandene Wärmemenge zugleich durch lokale Einwirkungen bedingt, z. B. Nähe des Meeres, Nähe von Gebirgen, Höhenlage über dem Meeresspiegel, Feuchtigkeit oder Trockenheit des Bodens am Orte und in der Umgebung, vorherrschende Windrichtungen u. s. w. Diese Ortsverhältnisse können eine Erhöhung oder Erniedrigung der nach dem Stande der Sonne berechneten Wärmemengen in beträchtlicher Größe verursachen.

Was versteht man unter astronomischer Refraktion oder Strahlenbrechung?

Unter Refraktion versteht man in der Astronomie die Ablenkung, welche der Lichtstrahl erfährt, wenn er aus dem Himmelsraume kommend die Atmosphäre durchläuft. Infolge dieser Refraktion scheinen die Gestirne höher über dem Horizont zu stehen als wirklich der Fall ist. Die Refraktion beschleunigt also den Aufgang und verzögert den Untergang der Gestirne. Die Refraktion beträgt in 5° Zenithabstand

5″, in 15° Zenithabstand 16″, in 25° Abstand 27″, in 35° Abstand 41″, in 45° Abstand 58″, in 55° Abstand 1′ 23″, in 65° Abstand 2′ 4″, in 75° Abstand 3′ 34″, in 85° Abstand 9′ 54″, in 90° Zenithabstand, also im Horizont, 33′ 46″. Diese Angaben sind indessen nur für einen bestimmten Luftdruck und für 10° C. Luftwärme gültig, für andere Temperaturen und Barometerstände ändern sie sich um einen gewissen Betrag.

Wie groß ist der Einfluß der Refraktion auf die Dauer des Verweilens der Sonne über dem Horizont?

In der Nähe des Horizontes ist die Refraktion am größten; sie beträgt daselbst gegen 34 Bogenminuten. Es wird daher sowohl die aufgehende als auch die untergehende Sonne um mehr als einen halben Grad über ihren wahren Stand erhöht. Wenn dieselbe also noch 34 Bogenminuten unter dem Horizonte ist, so gelangen schon Strahlen derselben über den Horizont. Bei geradem Aufsteigen, am Äquator, erhebt sich die Sonne schneller durch diese 34 Bogenminuten als bei schrägem Aufsteigen, in höheren Breiten; es ist daher am Äquator die Verlängerung der Tagesdauer geringer, als an den vom Äquator entfernten Orten. Je mehr die Richtung des Aufsteigens von der zur Horizontebene senkrechten Richtung abweicht, desto mehr wird die Tagesdauer durch die Refraktion vergrößert (Fig. 76a und b). Von Einfluß auf diese Dauer ist auch der Ort der Erde in ihrer Bahn, da von diesem der Zenithabstand der Sonne, die Abweichung der Sonne vom Himmelsäquator, die Deklination derselben, abhängig ist. Es erscheint nun, wie bereits erörtert wurde, der (infolge der Rotation) scheinbare Tageslauf eines

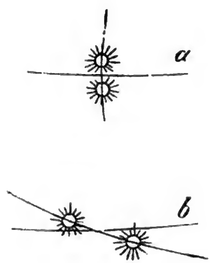


Fig. 76.

jeden Himmelskörpers am schnellsten im Äquator, und desto langsamer, je weiter der Himmelskörper von dem Himmelsäquator entfernt sich befindet. Die nachstehende Tabelle enthält die Zeitangaben für die Verlängerung des Verweilens der Sonne über dem Horizonte, wobei die Zeitgrößen sowohl für den Morgen, als auch für den Abend gelten.

Verfrühung des Aufganges und Verspätung des Unterganges der Sonne durch Refraktion.

in geogr. Breite.	bei Deklination der Sonne 0°	10°	15°	20°	23 1/2°
0 Grad	2,2 Min.	2,3 Min.	2,3 Min.	2,4 Min.	2,4 Min.
10 „	2,3 „	2,3 „	2,4 „	2,5 „	2,5 „
20 „	2,4 „	2,4 „	2,5 „	2,6 „	2,6 „
30 „	2,6 „	2,6 „	2,7 „	2,8 „	2,9 „
40 „	2,9 „	3,0 „	3,1 „	3,3 „	3,4 „
50 „	3,4 „	3,5 „	3,7 „	4,0 „	4,3 „
55 „	3,9 „	4,0 „	4,4 „	4,9 „	5,5 „
60 „	4,5 „	4,7 „	5,2 „	6,2 „	7,5 „
62 „	4,8 „	5,1 „	5,7 „	6,9 „	9,0 „
64 „	5,1 „	5,5 „	6,3 „	8,1 „	12,2 „
66 „	5,5 „	6,0 „	7,1 „	10,1 „	27,0 „

Da diese Größen für Aufgang und für Untergang in Rechnung zu bringen, so beträgt z. B. in 50° geographischer Breite die Verlängerung der Dauer des Verweilens der Sonne über dem Horizont infolge der Refraktion 6.8 Min., wenn die Deklination der Sonne 0 Grad, hingegen 8.6 Min., wenn die Deklination derselben 23 1/2 Grad ist. An Orten, welche über dem Polarkreis nach dem Pole hin liegen, ist diese durch Refraktion verursachte Verlängerung des Sonnenverweilens über dem Horizont bedeutend beträchtlicher; es kann die Verlängerung in diesen Gegenden mehrere Tage betragen, ist aber daselbst durch die sehr verschiedenen atmosphärischen Zustände ebenfalls sehr verschieden. Die Refraktion im Zusammenwirken mit der Reflexion bewirkt auch die Dauer der Dämmerung, wodurch je nach dem

Ort auf der Erde die Zeit der Nacht mehr oder weniger verkürzt wird.

Wie viel beträgt die Verkürzung der Nacht durch die Dämmerung?

Man unterscheidet astronomische und bürgerliche Dämmerung. Die astronomische Dämmerung beginnt oder endet mit dem ersten oder letzten Bemerkbarwerden der gebrochenen und reflektierten Sonnenstrahlen, durch die Erscheinung eines geringen Lichtschimmers am Horizont. Die bürgerliche Dämmerung hat ihre Grenzen in den Zeiten, zu welchen man schon vor Sonnenaufgang oder noch nach Sonnenuntergang ohne künstliche Beleuchtung Druckschrift von gewöhnlicher Größe im Freien lesen kann. Wenn die Sonne tiefer als 16 Grad unter dem Horizonte steht, so gelangt kein durch Lichtschimmer bemerkbarer Strahl derselben infolge von Refraktion und Reflexion über diesen Horizont. Man bezeichnet daher denjenigen Kreis, welcher 16 Grad unter dem Horizont, zu diesem parallel liegt, als den astronomischen Dämmerungskreis. Hat die Sonne einen Tiefstand unter dem Horizont von 6 bis 7 Grad, so ist die bürgerliche Dämmerung bei ihrem Anfang oder Ende. Der bürgerliche Dämmerungskreis liegt daher gegen 6½ Grad unter dem Horizont. Die Sonne erreicht aber diese Tiefe in kürzerer oder längerer Zeit, jenachdem sie in gerader oder in weniger oder mehr schräger Richtung ihres scheinbaren Tageslaufes über den Horizont sich erhebt oder unter denselben hinabsteigt. Die kürzeste Dämmerungsdauer findet am Äquator, die längste an den Polen statt. Am Äquator währt die astronomische Dämmerung durchschnittlich 1 Stunde 10 Minuten, die bürgerliche Dämmerung nur 25 Minuten. Unter den Polen währt vor und nach der 78 Tage dauernden vollständigen Nacht die astronomische Dämmerung 51 Tage, die bürgerliche 18 Tage, so daß die vollständige Nacht daselbst durch die astronomische Dämmerung um 102 Tage, durch die bürger-

liche um 36 Tage im Jahre verkürzt wird. Die nachstehende Tabelle giebt für alle Orte zwischen 42° und 51° nördl. Br. die Dauer der bürgerlichen Dämmerung in **Minuten** nach Untergang der Sonne und zwar für die Mitte jedes Monats.

geogr. Breite.	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°
Januar . . .	33	33	34	35	35	36	37	38	39	40
Februar . . .	31	31	32	32	33	34	34	35	36	37
März	30	30	31	31	32	32	33	34	34	35
April	31	31	32	33	33	34	35	36	36	37
Mai	34	35	35	36	37	38	39	40	41	43
Juni	36	37	38	39	40	41	43	44	45	47
Juli	35	36	37	38	38	39	41	42	43	44
August	32	32	33	34	35	36	36	37	38	39
September . .	30	30	31	32	32	33	33	34	35	36
Oktober . . .	30	30	31	32	32	34	34	34	35	36
November . .	32	33	33	34	34	35	36	37	38	39
Dezember . .	33	34	35	35	36	37	38	39	40	42

Wodurch wird verursacht, daß die Sonne nicht, wie dies bei den Fixsternen geschieht, das ganze Jahr hindurch an einem und demselben Orte des Horizontes aufgeht und auch nicht stets an dem gleichen Orte untergeht?

Durch das Fortschreiten der Erde in ihrer Bahn bei schiefer Stellung der Rotationsachse der Erde zu der Bahnebene, wird die stetige Veränderung des Auf- und Untergangsortes der Sonne verursacht. Es ist bereits erörtert worden, wie durch diese Fortschreitung eine jährlich in gleicher Weise wiederkehrende Zu- und Abnahme des mittägigen Hochstandes der Sonne über dem Horizonte an allen Orten in den verschiedenen geographischen Breiten bewirkt wird, und wie damit das kürzere oder längere Verweilen der Sonne über dem Horizonte in Verbindung steht. Das kürzere Verweilen über dem Horizonte findet bei kleinerem, das längere bei größerem Tagesbogen statt. Den kleinsten Tagesbogen hat auf der nördlichen Erdhälfte die

Sonne am 21. Dezember bei 23½ Grad südlicher, den größten am 21. Juni bei 23½ Grad nördlicher Deklination. Je kleiner der Tagesbogen ist, desto näher sind auf der nördlichen Erdhälfte Auf- und Untergangsort der Sonne dem Südpunkte des Horizontes, und mit der Zunahme des Tagebogens rücken diese Örter allmählich nach dem Nordpunkte hin fort, bis sie sich diesem bei größtem Tagesbogen am meisten genähert haben, worauf sie mit der Abnahme des Tagebogens sich von letzterem wieder allmählich mehr entfernen und ersterem nähern.

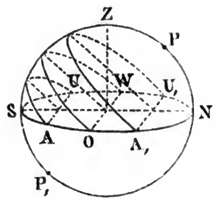


Fig. 77.

Die Annäherung sowohl an den Südpunkt als auch an den Nordpunkt des Horizontes wird als Entfernung vom Ostpunkt und vom Westpunkt betrachtet und mit südlicher oder nördlicher Morgenweite, Fig. 77 O A und O A_1, mit südlicher oder nördlicher Abendweite, W U und W U_1, bezeichnet. Morgenweite eines Gestirns ist also der Bogen des Horizonts vom Aufgangspunkte dieses Gestirns bis zum Ostpunkte, Abendweite der Bogen zwischen dem Punkte, in welchem das Gestirn untergeht, und dem Westpunkt. Da Morgen- und Abendweite der Sonne von der Deklination derselben abhängig sind, so werden die Größen der Morgen- und Abendweite für die in verschiedenen geographischen Breiten liegenden Orte nach der jeweiligen Deklination der Sonne und der geographischen Breite der betreffenden Orte berechnet.

Es ist nun zwar nicht völlige Gleichheit zwischen Morgen- und Abendweite, indem die Sonne während ihres scheinbaren Laufes über dem Horizont ihre Deklination ein wenig ändert, und zwar so, daß bei Vergrößerung der mittägigen Sonnenhöhe (21. Dezember bis 21. Juni) der Nachmittagsbogen etwas größer ist, als der Vormittagsbogen, und bei Verkleinerung der mittägigen Sonnenhöhe (21. Juni bis

21. Dezember) der Nachmittagsbogen etwas kleiner, als der Vormittagsbogen, womit die Morgen- und Abendweitengrößen in Verbindung stehen: aber der Unterschied ist im allgemeinen so gering, daß er hier außer Betracht gelassen werden kann. Die Größen der Morgen- und Abendweiten ersieht man aus nachfolgender Zusammenstellung, wobei der Mittelpunkt der Sonnenscheibe als die Zeit des Aufganges und des Unterganges bestimmend angenommen ist. Die Morgen- und Abendweiten sind nördlich bei nördlicher Deklination, und südlich bei südlicher Deklination, übrigens aber an Größe gleich.

Deklination der Sonne.	Morgen- und Abendweiten in geographischer Breite.															
	0°		10°		20°		30°		40°		50°		60°		66½°	
	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
0°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	2	2	2	7	2	18	2	35	3	6	3	58	5	1
4	4	0	4	4	4	15	4	36	5	12	6	14	7	59	10	4
6	6	0	6	6	6	23	6	56	7	50	9	22	12	5	15	12
8	8	0	8	7	8	31	9	15	10	28	12	31	16	11	20	26
10	10	0	10	9	10	39	11	34	13	6	15	40	20	19	25	49
12	12	0	12	11	12	47	13	53	15	44	18	53	24	33	31	26
14	14	0	14	13	14	55	16	13	18	24	22	7	28	56	37	21
16	16	0	16	15	17	3	18	38	21	6	25	24	33	27	43	44
18	18	0	18	17	19	11	20	54	23	48	28	45	38	11	50	48
20	20	0	20	19	21	21	23	16	26	31	32	9	43	10	59	4
22	22	0	22	21	23	30	25	38	29	18	35	40	48	31	69	58
23½	23	30	23	52	25	7	27	25	31	23	38	21	52	53	90	0

Durch die Refraktion werden nördliche Morgen- und Abendweiten vergrößert, südliche hingegen verkleinert. Am Äquator findet infolge der geraden Aufsteigung eine Beeinflussung der Morgen- und Abendweiten durch die Refraktion nicht statt. Je weiter vom Äquator entfernt der Beobachtungsort ist, desto größer ist die stattfindende Einwirkung. Auch hierbei ist die Deklination der Sonne auf die Vergrößerung oder Verkleinerung von Einfluß, aber diese Einwirkung tritt nur in höheren geographischen Breiten stärker hervor.

Welche Veränderung erleiden die Größen der Morgen- und Abendweiten durch die Refraktion?

Da durch die Refraktion die Sonne scheinbar gehoben wird, so gelangt sie bei Aufgang früher über, bei Untergang später unter den Horizont, als dies ohne Refraktion geschehen würde. Die Größe der dadurch bei schiefer Aufsteigung bewirkten Annäherung an den Nordpunkt für nördliche Deklination (Vergrößerung der nördlichen Morgen- und Abendweite) und Entfernung von dem Südpunkte für südliche Deklination (Verkleinerung der südlichen Morgen- und Abendweite) auf der nördlichen Erdhälfte ist aus nachfolgender Zusammenstellung ersichtlich:

	Geographische Breite des Beobachtungsortes.									
Deklination der Sonne.	0° Min.	10° Min.	20° Min.	30° Min.	40° Min.	50° Min.	60° Gr.	Min.	66½° Gr.	Min.
0°	0	6	12	19	28	39	0	56	1	16
10	0	6	12	19	28	40	1	0	1	24
20	0	6	12	20	30	45	1	17	1	28
23½	0	6	13	21	32	49	1	36		

Im Verlaufe des Jahres fallen die Deklinationsgrößen der Sonne auf die in nachfolgender Zusammenstellung angegebenen Tage, worin bei doppelt für eine Deklinationsgröße angezeigtem Tage das frühere Datum dem Schaltjahre (nach dem Februar) und dem darauffolgenden Jahre zugehört:

Nördl. Dekl.	Zeiten.		Südl. Dekl.	Zeiten.	
0°	20. od. 21. März	22. od. 23. Sept.	0°	22. od. 23. Sept.	20. od. 21. März
2	25. „ 26. „	17. „ 18. „	2	27. „ 28. „	— 15. „
4	30. „ 31. „	12. „ 13. „	4	2. „ 3. Okt.	— 10. „
6	4. „ 5. April	— 7. „	6	— 8. „	4. „ 5. „
8	— 10. „	1. „ 2. „	8	13. „ 14. „	— 28. Febr.
10	15. „ 16. „	— 27. Aug.	10	18. „ 19. „	22. „ 23. „
12	21. „ 22. „	21. „ 22. „	12	24. „ 25. „	— 17. „
14	27. „ 28. „	— 15. „	14	30. „ 31. „	— 11. „
16	— 4. Mai	8. „ 9. „	16	5. „ 6. Nov.	4. „ 5. „
18	11. „ 12. „	— 1. „	18	12. „ 13. „	28. „ 29. Jan.
20	19. „ 20. „	23. „ 24. Juli	20	— 21. „	20. „ 21. „
22	31. Mai 1. Juni	11. „ 12. „	22	— 2. Dez.	9. „ 10. „
23½	— 21. „	— —	23½	21. „ 22. „	— „ —

An jedem Beobachtungsorte sind die Mittagshöhen der Sonne, die Dauer ihres scheinbaren Tageslaufes und die Morgen- und Abendweiten derselben bei Aufgang und Untergang von ihrer Deklination abhängig. Die stetige Veränderung der Deklination der Sonne entspricht dem Laufe der Erde in ihrer Bahn, die jeweilige Größe der Deklination der Sonne wird von dem jeweiligen Ort der Erde in ihrer Bahn verursacht. Die Örter, an welchen sich die Erde im Verlaufe des Jahres befindet, sind nach den Zeiten berechnet, es werden aber anstatt der Örter der Erde in ihrer Bahn gewöhnlich die scheinbaren Örter der Sonne in der Ekliptik angegeben.

In welcher Weise geschieht die Angabe der Örter der Sonne in der Ekliptik?

Zu Angabe der Örter der Sonne in der Ekliptik benutzt man entweder die Himmelszeichen oder den Abstand der Sonne vom Frühlingspunkt in der Richtung von Abend nach Morgen, wobei man diese Entfernung in Graden, Minuten und Sekunden angiebt. Bei Benutzung der Himmelszeichen ist der Eintritt der Sonne in dieselben maßgebend, und dabei betrachtet man die Sonne als in einem Kreise fortschreitend, in dessen Mittelpunkt die Erde steht. Es tritt die Sonne den

20.	oder	21. März	in das Zeichen	♈
19.	„	20. April	„ „ „	♉
20.	„	21. Mai	„ „ „	♊
		12. Juni	„ „ „	♋
22.	„	23. Juli	„ „ „	♌
22.	„	23. August	„ „ „	♍
22.	„	23. September	„ „ „	♎
		23. Oktober	„ „ „	♏
21.	„	22. November	„ „ „	♐
21.	„	22. Dezember	„ „ „	♑
19.	„	20. Januar	„ „ „	♒
18.	„	19. Februar	„ „ „	♓

Jedes Zeichen wird hierbei als 30 Grad enthaltend angenommen. Bei den Ortsbestimmungen der Sonne nach Entfernung von dem Frühlingspunkte, wobei ebenfalls die Erde als im Mittelpunkt stehend betrachtet wird, zählt man den Ort der Sonne vom Frühlingspunkt aus in der Reihenfolge der Zeichen bis 360°. Man bezeichnet diese Bögen der Ekliptik vom Frühlingspunkt bis zu dem Orte, den die Sonne oder ein anderes Gestirn einnimmt, als Länge. Da die Erde als im Mittelpunkt stehend betrachtet wird, so fügt man dieser Angabe der (astronomischen) „Länge" das Wort „geozentrisch" bei, zur Unterscheidung von der „heliozentrischen Länge". Letzteres ist diejenige Länge eines

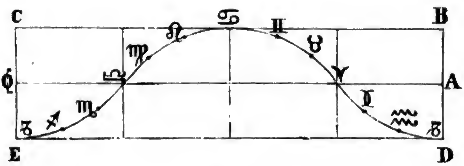


Fig. 78.

Himmelskörpers, wie sie einem im Sonnenmittelpunkte befindlichen Auge erscheinen würde. Das allmähliche Aufsteigen der Sonne vom tiefsten Stand unter dem Himmelsäquator bis zu dem höchsten Stand über demselben und das darauf folgende Niedersteigen bis abermals zu dem tiefsten Stand unter dem Äquator kann durch eine Linie veranschaulicht werden, wie dieselbe in Fig. 78 dargestellt ist. In dieser Figur stellt A Q den Himmelsäquator vor, B C den $23^1/_2$ Grad nördlich und D E den $23^1/_2$ Grad südlich davon befindlichen Parallelkreis. Die krumme Linie, welche rechts in D anfängt, von dem Himmelszeichen des Steinbocks ♑, dem südlichsten derselben, bis zu dem Zeichen des Krebses ♋, dem nördlichsten, aufsteigt, und dann wieder sich abwärts wendet bis zu dem Zeichen ♑, bei E, ist dem schein-

baren Jahreslauf der Sonne in der Ekliptik nachgebildet. In dieser Nachbildung ist zugleich ersichtlich, wie das Aufsteigen der Sonne in der Nähe des Frühlingspunktes ♈ und des Herbstpunktes ♎, zu der Zeit der Äquinoctien, steiler geschieht, als an anderen Orten der Ekliptik, und wie die Sonne in der Nähe des Winterpunktes ♑ und des Sommerpunktes ♋, zu der Zeit der Solstitien, ihre Deklination sehr wenig ändert, eine große Strecke fast in der Richtung der Parallelkreise fortschreitet, in fast gleicher Entfernung von dem Äquator bleibt, und daher auch in Bezug auf Horizonte in allen nur möglichen Breiten, wo sie sichtbar ist, die fast gleiche Mittagshöhe während einiger Zeit behält.

Was versteht man unter Sonnentag und unter Sterntag?

Um diese Frage zu beantworten, ist es erforderlich, den durch den Umlauf der Erde verursachten scheinbaren Lauf der Sonne in Betracht zu ziehen. Steht die Erde in F (Fig. 79), so erscheint die Sonne von der Erde aus betrachtet in dem Himmelszeichen des Widders ♈. Schreitet die Erde in der Richtung des Pfeiles durch S, H und W wieder zu F, so bewegt sich scheinbar die Sonne in der Reihenfolge der Himmelszeichen durch dieselben, bis wieder zu dem Zeichen des Widders ♈. Die Sonne vollbringt also im Verlaufe des Jahres scheinbar einen kreisförmigen Umlauf am Sternenhimmel, sie geht hierbei durch 12 Sternbilder, welche die Namen der Himmelszeichen haben und in ihrer Gesamtheit „Zodiakus", Tierkreis (eigentlich Kreis der lebenden Wesen) heißen, weil, mit Ausnahme der Wage, alle diese Sternbilder die Namen lebender Wesen tragen.

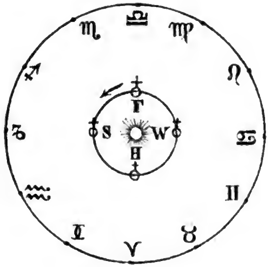


Fig. 79.

Könnte man neben der Sonnenscheibe die Sterne sehen, so würde man wahrnehmen, daß die Sonne täglich ungefähr 1 Grad in der Richtung von Abend nach Morgen unter den Sternen fortrückt. Durch dieses Fortrücken wird verursacht, daß sie jeden Tag ungefähr gegen 4 Minuten später in den Ortsmeridian tritt, als derjenige Stern, mit welchem sie am vorhergehenden Tage gleichzeitig in den Meridian trat. Den Zeitraum zwischen zwei gleichen aufeinanderfolgenden Meridiandurchgängen der Sonne nennt man Sonnentag, während der Zeitraum zwischen zwei gleichen und aufeinanderfolgenden Meridiandurchgängen eines Fixsterns Sterntag genannt wird. Infolge des Fortrückens der Sonne ist der Sonnentag stets gegen 4 Minuten länger als der Sterntag. Nehmen wir an, am 21. März erscheine die Sonne S (Fig. 80) gleichzeitig mit dem Fixstern F im Meridian M_1. In 24 Stunden ist die Sonne scheinbar von a nach b fortgeschritten, der Stern hingegen erscheint immer an einer und derselben Stelle. Die Erde muß daher nach Verlauf eines Tages sich noch ein wenig weiter drehen, damit der Meridian die Stellung M_2 erhalte, und die Sonne in ihm erscheine.

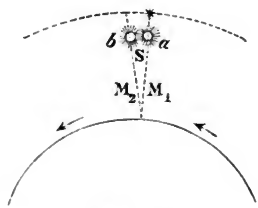


Fig. 80.

Die Strecke ab ist aber nicht stets gleich groß, weil die Erde nicht gleichmäßig schnell in ihrer Bahn um die Sonne läuft und daher die Sonne ihren scheinbaren Lauf auch nicht gleichmäßig schnell vollbringt. Die Erde läuft in der Sonnennähe (gegenwärtig Anfang Januar) schneller, in der Sonnenferne (gegenwärtig Anfang Juli) langsamer; daher ist die Strecke ab zu Anfang Januar größer, hingegen zu Anfang Juli kleiner. Es währt folglich die Dauer von einem Sonnentag Mittag bis zu dem nächsten, im Januar länger, im Juli hingegen kürzer. Die längste Dauer eines Sonnen=

tages ist 24 Stunden 0 Minute 30 Sekunden, die kürzeste 23 Stunden 59 Minuten 39 Sekunden.

Was versteht man unter mittlerer Sonnenzeit?

Während des Verlaufes des Jahres ist die Dauer eines wahren Sonnentages, die Zeit von einem Meridiandurchgang der Sonne bis zu dem nächsten, an jedem Tage ein wenig verschieden von dieser Dauer an dem vorhergehenden Tage. Man hat daher einen Sonnenlauf angenommen, welcher gleichmäßig schnell erfolgt und die Ausgleichung aller Verschiedenheiten bewirkt. Zu diesem Zwecke denkt man sich eine Sonne, welche gleichzeitig mit der wirklichen Sonne vom Frühlingspunkte ausgeht und sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit im Himmelsäquator so bewegt, daß sie mit der wahren Sonne wieder im Frühlingspunkte am 21. März zusammentrifft. Der Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Meridiandurchgängen dieser gedachten Sonne wird der mittlere Sonnentag genannt. Diese gedachte Sonne liefert die mittlere Sonnenzeit, die wirkliche Sonne dagegen giebt die wahre Sonnenzeit.

Was versteht man unter einem Gnomon und wozu dient er?

Der Gnomon besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einer senkrechten Säule, die auf einer ebenen Fläche in der Meridianlinie des Beobachtungsortes errichtet wird. Er dient dazu, den Augenblick des wahren Mittags zu bestimmen. Sobald der Schatten der Säule nämlich im Meridian liegt, steht auch die Sonne im Meridian und es ist der Augenblick des wahren Mittags eingetreten. Mittels des Gnomons kann man auch die Winkelhöhe der Sonne über dem Horizont bestimmen. Die Länge der Säule, dividiert durch die Länge des Schattens, giebt nämlich die trigonometrische Tangente des Höhenwinkels der Sonne.

Welche Unterschiede sind im Verlaufe des Jahres zwischen wahrer und mittlerer Zeit?

Man hat Tabellen berechnet, in welchen für jeden Tag der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit,

die Verschiedenheit zwischen der Zeitangabe der Sonnenuhren und der gewöhnlichen Uhren, enthalten ist, und zwar für den Augenblick des Durchgangs der Sonne durch den Meridian, für den wahren Mittag. Dieser in den astronomischen Jahrbüchern angezeigte Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Zeit heißt „Zeitgleichung".

Die nachstehende Tafel zeigt die mittlere Zeit im wahren Mittage, also den Einfluß der Zeitgleichung von 5 zu 5 Tagen, d. h. sie giebt an, was eine nach mittlerer Zeit richtig gehende Uhr in dem Momente zeigen muß, wo eine Sonnenuhr 12 Uhr zeigt.

Tag	Mittlere Zeit im wahren Mittag		Tag	Mittlere Zeit im wahren Mittag		Tag	Mittlere Zeit im wahren Mittag	
	Uhr	Min.		Uhr	Min.		Uhr	Min.
Jan. 1	12	3.8	Mai 1	11	57.0	Sept. 3	11	59.3
6	12	6.1	6	11	56.4	8	11	57.6
11	12	8.2	11	11	56.1	13	11	55.9
16	12	10.1	16	11	56.1	18	11	54.1
21	12	11.6	21	11	56.3	23	11	52.4
26	12	12.9	26	11	56.7	28	11	50.7
31	12	13.7	31	11	57.3	Okt. 3	11	49.1
Febr. 5	12	14.3	Juni 5	11	58.1	8	11	47.6
10	12	14.5	10	11	59.0	13	11	46.3
15	12	14.4	15	12	0.1	18	11	45.3
20	12	14.0	20	12	1.1	23	11	44.4
25	12	13.3	25	12	2.2	28	11	43.9
			30	12	3.2	Nov. 2	11	43.7
März 2	12	12.4	Juli 5	12	4.2	7	11	43.8
7	12	11.3	10	12	5.0	12	11	44.3
12	12	10.0	15	12	5.6	17	11	45.1
17	12	8.5	20	12	6.0	22	11	46.3
22	12	7.1	25	12	6.2	27	11	47.8
27	12	5.5	30	12	6.1	Dez. 2	11	49.6
April 1	12	4.0	Aug. 4	12	5.8	7	11	51.6
6	12	2.5	9	12	5.3	12	11	53.9
11	12	1.1	14	12	4.5	17	11	56.3
16	11	59.8	19	12	3.4	22	11	58.8
21	11	58.7	24	12	2.2	27	12	1.3
26	11	57.7	29	12	0.8	31	12	3.2

Mit Benutzung dieser Tabelle kann man nach richtig die Zeit anzeigenden gewöhnlichen Uhren Sonnenuhren einstellen, oder nach richtig eingestellten Sonnenuhren gewöhnliche Uhren für gewöhnlichen Gebrauch hinreichend genau regulieren.

Übrigens ist zu bemerken, daß die Zeitgleichung in den einzelnen Jahren des vierjährigen Schaltcyklus etwas verschieden ist, doch handelt es sich hierbei nur um Bruchteile der Minute.

Welche Bewandtnis hat es mit der Sternzeit?

Die Sternzeit ist die durch den scheinbaren Umlauf der Fixsterne um die Erde bestimmte Zeit. Der Sterntag wird in 24 Sternstunden, diese wieder in Minuten und Sekunden geteilt. Die Sternzeit wird durch besondere astronomische Uhren angegeben, welche täglich gegen mittlere Zeit um nahezu 4 Minuten vorgehen. Die Sternuhr zeigt stets 0 Uhr bei dem Durchgange des Frühlingspunktes durch den Meridian. Am 21. März haben Sternuhr und gewöhnliche Uhr zugleich Mittag, aber schon am folgenden Tag ist die Sternuhr 3 Minuten 56.5 Sekunden vor den gewöhnlichen Uhren voraus, und so an jedem folgenden Tage um 3 Minuten 56.5 Sekunden mehr, so daß nach einem halben Jahr die Sternuhr um 12 Stunden vor der gewöhnlichen Uhr voraus ist, und nach einem ganzen Jahr um 24 Stunden, also wieder mit dieser am 21. März zusammentrifft. Es hat aber dadurch das Jahr einen Sterntag mehr erhalten, als es mittlere Sonnentage enthält, demnach umfaßt das Jahr 366 Sterntage. Die Länge des Sterntages in mittlerer Sonnenzeit ausgedrückt ist 23 Stunden 55 Min. 4.09 Sek.; die Länge des Sonnentages in Sternzeit ausgedrückt beträgt 24 Stunden 3 Minuten 56.5 Sekunden. Die Sternuhr dient zu Ortsbestimmungen der Himmelskörper, sie zeigt die Rektascension derselben, d. i. die Entfernung derselben vom Frühlingspunkte, unmittelbar an. Die Zeit, welche die Sternuhr in Stunden, Minuten und Sekunden in dem

Augenblicke anzeigt, in welchem ein Gestirn durch den Ortsmeridian geht, ist die Rektascension dieses Gestirns. Die dazu erforderliche Beobachtung wird am Passageinstrument gemacht, an dessen Vertikalkreise die Höhe dieses Gestirns, und dadurch die Entfernung vom Äquator, die Deklination, abgelesen werden kann. Durch Bestimmung der Rektascension und der Deklination eines Gestirns ist für den Zeitpunkt der Beobachtung der Ort desselben ermittelt.

Nach welcher Tageszeit wird gegenwärtig in Deutschland gerechnet?

Seit dem 1. April 1893 ist als gesetzliche Zeit in Deutschland die mittlere Sonnenzeit des 15. Längengrades östlich von Greenwich eingeführt. Da dieser Meridian ziemlich genau ganz Mitteleuropa durchschneidet, so nennt man die dadurch bestimmte Zeit auch die mitteleuropäische Zeit (M. E. Z.). Dieser gesetzlichen Vorschrift gemäß sollen nunmehr alle Uhren in allen Orten Deutschlands im nämlichen Moment stets die gleiche Tagesstunde anzeigen, ohne Rücksicht darauf, welche Ortszeit durch den Stand der Sonne wirklich bedingt ist. Durch die Einführung der mitteleuropäischen Zeit ist hauptsächlich dem Eisenbahnverkehr gedient.

Was versteht man unter dem Stundenzonensystem?

Man versteht darunter eine Einteilung der Erdoberfläche von West nach Ost in 24 gleiche Abschnitte, die rücksichtlich der Zeitbestimmung unter sich um je eine volle Stunde von einander abweichen. Jede Zone hat also 15° Längenausdehnung und als Ausgangspunkt der Einteilung dient der Meridian von Greenwich. Innerhalb jeder Stundenzone gilt die Zeit des Mittelmeridians für die ganze Zone. Aus Zweckmäßigkeitsgründen folgen die wirklich angenommenen Grenzen der Zonen nicht genau den Meridianen, sondern passen sich thunlichst den politischen Ländergrenzen an. Auf Europa entfallen 3 Zonen. Die eine derselben hat als Mittelmeridian denjenigen von

Greenwich und die daselbst geltende Zeit wird als westeuropäische Zeit bezeichnet. Die zweite hat als Mittelmeridian den Meridian 15° östlich von Greenwich, in ihr gilt die mitteleuropäische Zeit. Die dritte hat als Mittelmeridian denjenigen, welcher 30° östl. von Greenwich liegt, und in ihr gilt die osteuropäische Zeit. Nach der mitteleuropäischen Zeit stehen alle Uhren 1 Stunde vor der Greenwicher Uhr, in der Zone der osteuropäischen Zeit stehen sie 2 Stunden vor der Zeit von Greenwich.

Wie kann man das Fortschreiten der Sonne unter den Sternen bestimmen, da man doch das Licht der Sonne nicht abschwächen kann, so daß es möglich würde, neben der Sonne Sterne zu schauen?

Wenn ein Stern zugleich mit der Sonne aufgeht und zugleich mit ihr untergeht, so kann dieser Stern nicht erblickt werden. Man sagt in diesem Falle, der Stern habe „kosmischen Auf- und Untergang“.

Wenn ein Stern bei Sonnenuntergang aufgeht, bei Sonnenaufgang untergeht, so hat derselbe „akronyktischen Auf- und Untergang“; der Stern ist während der Nacht über dem Horizont und daher sichtbar.

Ein Stern, welcher in der Ekliptik steht und mit der Sonne aufgeht, wird nach 12 bis 15 Tagen, da die Sonne scheinbar in der Folge der Himmelszeichen fortschreitet, um so viel früher als die Sonne aufgehen, daß er vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel erblickt wird; er ist aus der Sonnenbestrahlung herausgetreten, und dieses Heraustreten nennt man den „heliakischen Aufgang“ des Sternes. Ein Stern, welcher bei dem Ende der Abenddämmerung am Horizonte des westlichen Himmels sichtbar ist, wird nach kurzer Zeit nicht mehr erblickt werden; die Sonne nähert sich ihm durch ihr scheinbares Fortschreiten, der Stern tritt in die Sonnenbestrahlung ein, es findet sein „heliakischer Untergang“ statt.

Nehmen wir nun an, der Stern F in Fig. 81 stehe in der Ekliptik (scheinbaren Sonnenbahn) und die Erde befinde sich in a, so wird dieser Stern nicht sichtbar sein; denn er geht zugleich mit der Sonne auf und unter. Die Erde schreitet fort nach b, die Gesichtslinien von der Erde zu der Sonne und dem Stern entfernen sich mehr und mehr von einander, der Stern ist mehr und mehr im scheinbaren Tageslaufe vor der Sonne voraus. Bei der Stellung der Erde in b geht der Stern um 6 Stunden früher auf, als die Sonne. Wenn die Erde in c steht, so sind die Richtungslinien von der Erde zu der Sonne und zu dem Stern um 12 Stunden von einander entfernt, und beziehen wir die Stellungen von Sonne und Stern auf den Ortsmeridian, so ist ersichtlich, daß der Stern um Mitternacht durch denselben geht. Hierauf kommt der Stern, wie dies auch schon vorher geschah, jeden Tag um 3 Minuten 56.5 Sekunden früher in den Meridian (bei Stellung der Erde in d abends 6 Uhr), bis er wieder gleichzeitig mit der Sonne seinen Aufgang, Meridiandurchgang und Untergang hat. (Die Linien von a, b, c und d zu dem Stern F sind parallel, wegen der großen Entfernung der Sterne von der Erde.) Da nun die Uhrzeiten nach dem scheinbaren Lauf der Sonne bestimmt werden, die Sterne aber ihre Örter am Himmel nicht ändern, so ist aus den Zeiten, zu welchen ein Stern allmählich früher als die Sonne durch den Ortsmeridian geht, der scheinbare Jahreslauf der Sonne zu erkennen. Es läßt sich auch an anderen als Ekliptiksternen beobachten, daß dieselben an jedem Tage um 3 Minuten 56.5 Sekunden früher als an dem vorhergehenden Tage den Meridian durchschreiten und hieraus der scheinbare Lauf der Sonne erschließen.

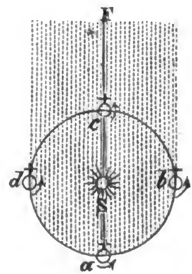


Fig. 81.

Welchen Einfluß hat der Umlauf der Erde um die Sonne auf die Erscheinungen der Planeten?

In betreff der Planetenerscheinungen ist es zweckmäßig, die Planeten in untere und obere einzuteilen. Die Bahnen der unteren Planeten (Merkur ☿ und Venus ♀) liegen zwischen Erdbahn und Sonne. Die Bahnen der oberen Planeten (Mars ♂, Planetoiden, Jupiter ♃, Saturn ♄, Uranus ♅ und Neptun ♆) sind so gelegen, daß die Erdbahn sich zwischen diesen Bahnen und der Sonne befindet.

Infolge der Lage der Erdbahn zu den Bahnen der unteren Planeten, Merkur und Venus, kommen dieselben in untere und obere Konjunktion (Fig. 82 ☿ in u und in o) und in größte östliche und westliche Elongation (Fig. 82 ♀ in e und in w). Venus ist in e Abendstern (Hesperus), in w Morgenstern (Lucifer), sie tritt bei ihrer Stellung in e später als die Sonne in die Gesichtslinie des sich mit der Rotation (in der Richtung des Pfeiles) drehenden Beobachters. Die oberen Planeten gelangen, ebenfalls infolge der Lage ihrer Bahnen zu der Erdbahn, in Konjunktion und in Opposition (Fig. 83 ♂ in c und in o) und in östliche und westliche Quadratur mit der Sonne (Fig. 83 ♃ in q_1 und in q_2). Die Fig. 83 ist nach kleinerem Maßstabe gezeichnet, als die Fig. 82.

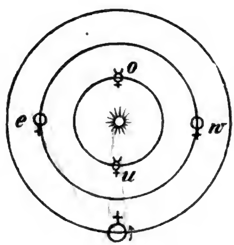


Fig. 82.

Die unaufhörlich in der Folge der Zeichen geschehende Fortschreitung aller Planeten gewährt durch Zusammentreffen mit der Fortschreitung der Erde zeitweilig den Anschein, als ob die Planeten stillständen oder auch rückläufige, d. i. gegen die Folge der Zeichen gehende Bewegung hätten. Dieses scheinbare Stillstehen findet bei den unteren Planeten nach der östlichen und vor der westlichen größten

Elongation statt, und sie erscheinen hier dadurch stillstehend (stationär), daß die Bewegung des Planeten und die Bewegung der Erde in ihren Bahnen in einer Weise

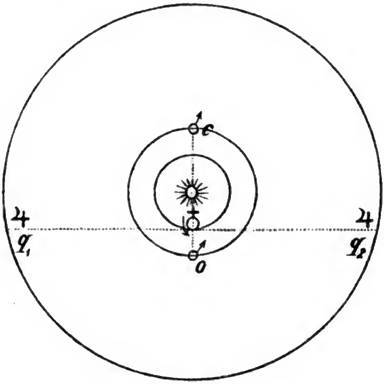


Fig. 83.

geschehen, daß der Planet während kurzer Zeit nahe in der Richtung der von der Erde zu dem Planeten gehenden Gesichtslinie der Erde sich nähert (Fig. 82 ♀ nach e), oder von ihr sich entfernt (♀ vor w). Bei den oberen Planeten trifft die Erscheinung des scheinbaren Stillstehens ein, wenn der Planet nahe mit der Sonne in Quadratur ist. Bei der Stellung des Planeten Jupiter in q_1 Fig. 83 entfernt sich die Erde von demselben, in q_2 nähert sie sich ihm, jedesmal in der Gesichtslinie von der Erde zu dem Planeten.

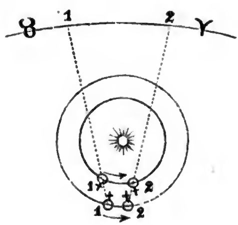


Fig. 84.

Die scheinbar rückläufige, retrograde, Bewegung tritt bei den unteren Planeten nach der östlichen Stillstands=

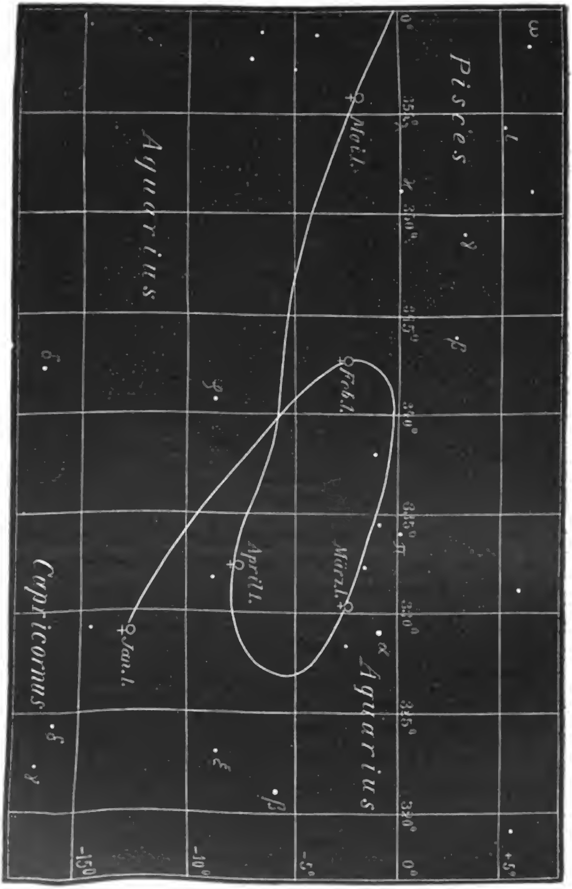


Fig. 85.

erscheinung (Abendstern) ein, und dauert bis der Planet westlich stationär ist. Der Planet geht hierbei durch die untere Konjunktion mit der Sonne. Da der untere

Planet (♀) schneller fortschreitet als die Erde, so erscheint derselbe, wie in Fig. 84 durch die Stellungen 1 und 2 angezeigt ist, als in den Himmelszeichen zurückgehend. Fig. 85 zeigt den scheinbaren Lauf des Planeten Venus vom 1. Januar bis 1. Mai 1870. Die oberen Planeten erscheinen zu der Zeit ihrer Opposition mit der Sonne rückläufig. Die Erde schreitet schneller in ihrer Bahn fort als diese Planeten. In Fig. 86 ist der Vorgang, wodurch die Erscheinung der Rückläufigkeit verursacht wird, an den Stellungen des Mars (♂) und der Erde (♁) in 1 und 2 veranschaulicht.

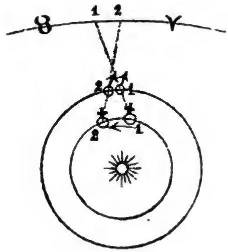


Fig. 86.

An den übrigen Örtern der Bahnen erscheinen die Planeten rechtläufig, ihre Fortschreitung zeigt sich als direkte. Es erscheint aber die Bewegung derselben, je nach dem Zusammentreffen der Richtungen in den Bewegungen der Erde und des Planeten, etwas schneller oder langsamer, als sie thatsächlich ist, jenachdem entgegengesetzte oder gleiche Richtungen der Bewegungen zusammentreffen. Die Dauer und Größe der Rückläufigkeitserscheinungen und die relativen Örter des scheinbaren Stillstandes sind folgende:

Name des Planeten.	Rückläufigkeits- Dauer.	Größe.	Stillstandsort im Mittel in Bezug auf die Sonne.
Merkur	18 bis 24 Tage	13°	in 18° östl. u. westl. Elongation.
Venus	40 „ 42 „	16	„ 28 „ „ „ „
Mars	60 „ 80 „	15	„ 137 „ „ „ „
Jupiter	etwa 119 „	10	„ 117 „ „ „ „
Saturn	„ 137 „	7	„ 108 „ „ „ „
Uranus	„ 150 „	4	„ 102 „ „ „ „
Neptun	„ 160 „	2	„ 98 „ „ „ „

Diese Erscheinungen stehen mit dem synodischen Umlauf der Planeten in Verbindung.

Welcher Unterschied ist zwischen dem siderischen und dem synodischen Umlaufe der Planeten?

Der siderische Umlauf eines Planeten besteht in der Rückkehr desselben zu einem Fixstern (sidus), der synodische in der Rückkehr zu Konjunktion (synodus, Zusammenkunft) mit der Sonne. Man kann aber auch als Ort der Umlaufsbegrenzung hierbei die Opposition (Gegenüberstehen) annehmen. — Es stehe ein Planet an einem Punkte in seiner Bahn, so, daß die Sonne, der Planet, die Erde und irgend ein Fixstern in gerader Linie stehen (Fig. 87

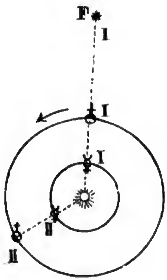


Fig. 87.

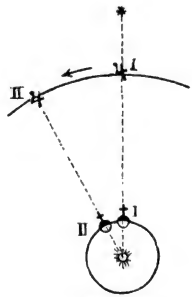


Fig. 88.

die Sonne, Merkur, die Erde und ein Stern, oder Fig. 88 die Sonne, die Erde, Jupiter und ein Stern). Ein unterer Planet wird nun bei fortgesetztem Laufe früher, ein oberer hingegen später, als die Erde, einen siderischen Umlauf vollendet haben. Der untere Planet holt nach Vollendung seines siderischen Umlaufes die unterdessen fortgeschrittene Erde wieder ein (Fig. 87 ☿$_{\text{II}}$ ♁); der obere Planet aber, welcher während der siderischen Umlaufszeit der Erde fortgeschritten ist, wird von der Erde wieder eingeholt (Fig. 88 ♁$_{\text{II}}$ ♃$_{\text{II}}$). Bei den unteren Planeten und bei Mars ist die synodische Umlaufszeit größer, als die siderische, bei den übrigen oberen Planeten ist die siderische Umlaufszeit größer,

als die synodische. Diese Umlaufszeiten der größeren Planeten sind folgende:

Planet.	Siderische Umlaufszeit.	Synodische Umlaufszeit.
Merkur . . .	88 Tage	116 Tage
Venus	225 „	584 „
Mars	687 „	780 „
Jupiter . . .	4333 „	399 „
Saturn . . .	10759 „	378 „
Uranus . . .	30687 „	370 „
Neptun . . .	60100 „	367 „

Damit überhaupt Konjunktion oder Opposition vorhanden sei in Bezug auf die Sonne, müssen Erde und Planet gleichen Abstand von dem Frühlingspunkt in derselben Richtung haben, wobei der von dem Planeten nach dem Durchgange durch den Knoten der Bahnen zurückgelegte Weg auf eine Strecke in der Erdbahn, durch einen senkrecht auf die Erdbahn vom Orte des Planeten gefällten Bogen, reduziert wird. In Fig. 89 ist der Weg des Jupiter a b, reduziert auf die Erdbahn in a c.



Fig. 89.

Hierbei kommt die astronomische Breite des Planeten in Betracht, die Erhöhung desselben **über**, oder seine Vertiefung **unter** die Erdbahnebene. Die Breite des Planeten aber ist abhängig von dem Orte desselben in seiner Bahn und von der Neigung der Bahnebene des Planeten zu der Ebene der Erdbahn.

Welche Neigung haben die Planetenbahnen zu der Erdbahn?

Die Bahnen der größeren Planeten weichen in ihren Lagen wenig von der Lage der Erdbahn ab. Der Winkel, welchen die Planetenbahnebene mit der Erdbahnebene bildet, beträgt bei **Merkur** 7 Grad, bei **Venus** 3 Grad 23 Minuten, bei **Mars** 1 Grad 51 Minuten, bei **Jupiter** 1 Grad

19 Minuten, bei Saturn 2 Grad 30 Minuten, bei Uranus 46 Minuten und bei Neptun 1 Grad 47 Minuten. Da die Zone des Tierkreises auf beiden Seiten der Ekliptik 9 bis 10 Grad in ihren Grenzen von der Ekliptik absteht, so erscheinen alle größeren Planeten nur in dieser Zone. Die Bahnen der kleineren Planeten, der Planetoiden, liegen nicht sämtlich innerhalb des Zodiakus, einige derselben weichen bedeutend davon ab. Die Bahnebenen bilden bei Niobe einen Winkel von $23^1/_2$ Grad, bei Euphrosyne von $26^1/_2$ Grad und bei Pallas von $34^1/_2$ Grad mit der Erdbahnebene.

Von den Neigungen der Bahnen der Planeten zu der Ekliptik und von den Örtern, in welchen sich die Planeten in ihren Bahnen befinden, sind die jeweilige Höhe des Planeten über dem Horizonte bei dem Durchgange durch den Ortsmeridian, die Größen der Morgen- und Abendweite und die Größe des Bogens abhängig, welchen der Planet bei seinem scheinbaren Laufe über dem Horizonte beschreibt. — Wenn nun schon der scheinbare Lauf der Sonne in der Ekliptik, durch die Abweichung der Lage derselben von der Lage des Himmelsäquators, eine große Verschiedenheit in dem Hochstande, in der Morgen- und Abendweite und in der Größe des Tagebogens verursachte, so wird durch die Erhöhung der Planetenbahnen über und Vertiefung derselben unter die Ekliptik eine noch größere Verschiedenheit in diesen Erscheinungen ermöglicht, und wie bei dem scheinbaren Jahreslauf der Sonne diese Größen von einem Tage zu dem anderen mehr oder weniger verändert sind, so verändern sich dieselben auch bei den Planeten während des Umlaufes in der Bahn mehr oder weniger von einem Tage zu dem anderen. Am größten wird der Hochstand des Planeten bei dem Meridiandurchgange, wenn der aufsteigende Knoten der Planetenbahn in den Frühlingspunkt gelangt; denn dann treffen Erhöhung der Ekliptik über den Himmelsäquator und Erhöhung der Planetenbahn über die Ekliptik zusammen. Dieser auf-

steigende Knoten der Planetenbahn rückt allmählich fort in der Ekliptik, vollendet aber erst nach Verlauf von tausenden von Jahren einen Umlauf in derselben. Durch diese Fortrückung der Knoten der Planetenbahnen wird auch verursacht, daß die Durchgänge der unteren Planeten, die Vorübergänge derselben vor der Sonne, nicht unverändert auf dieselben Tage des Jahres fallen.

Wie ereignen sich die Vorübergänge der unteren Planeten vor der Sonne?

Wenn ein unterer Planet im Knoten seiner Bahn oder demselben hinreichend nahe ist zu der Zeit, in welcher seine untere Konjunktion stattfindet, so bietet sich die Erscheinung eines Vorüberganges vor der Sonnenscheibe, die Erscheinung eines „Durchganges“ dar. Solche Durchgänge sind selten bei Merkur und noch seltener bei Venus. Merkur hat in jedem Jahrhundert etwa 13 Durchgänge. Die Merkurdurchgänge des gegenwärtigen Jahrhunderts sind in Fig. 90 dargestellt. Venusdurchgänge erfolgen in jedem Jahrhundert zwei: einer nach je $105^1/_2$ oder $121^1/_2$ Jahren, und dann findet jedesmal in einem Zeitunterschied von 8 Jahren ein darauffolgender statt. Es fallen dieselben stets in den Monat Juni oder in den Monat Dezember, infolge der Örter der Knoten (Fig. 91 S. 190). Im gegenwärtigen Jahrhundert fanden Venusdurchgänge statt am 9. Dezember 1874 und am 9. Dezember 1882. Fig. 92 stellt die Erscheinungen dieser Venusdurchgänge dar. Die

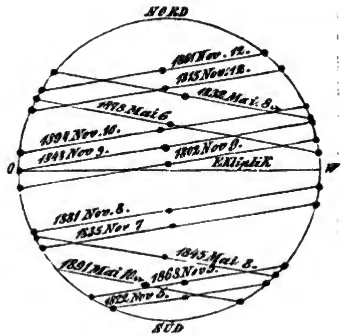


Fig. 90.

zunächstfolgenden Venusdurchgänge werden den 7. Juni 2004 und den 6. Juni 2012 stattfinden. Da die Planeten bei den Durchgängen in der Nähe der unteren Konjunktion sind, so sind sie stets während derselben rückläufig.

Die oberen Planeten können natürlich nie die Erscheinung eines Durchganges darbieten, da ihre Bahnen die Erdbahn umschließen.

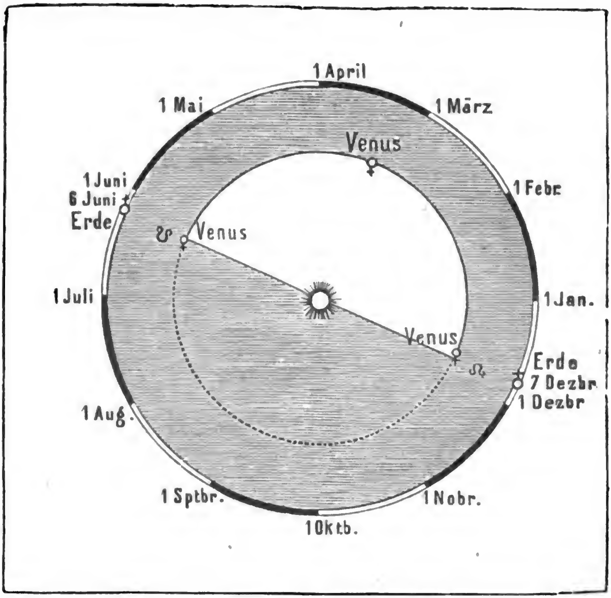


Fig. 91.

Welche von dem Laufe der Erde beeinflußten Erscheinungen gewähren die Kometen?

Auch die Kometen lassen in ihrem Laufe neben der Rechtläufigkeit rückläufige Bewegung erkennen, und bisweilen erscheinen dieselben ebenfalls stillstehend. Bei ihnen ist aber

in nicht seltenen Fällen nicht scheinbarer, durch die Richtung des Erdlaufes verursachter, sondern thatsächlicher rückläufiger Lauf vorhanden. In betreff des Hochstandes über dem Horizonte der Größe des Tagebogens und der Morgen- und Abendweite ist zu bemerken, daß bei den Kometen die Verschiedenheiten und Veränderungen noch bedeutender sind,

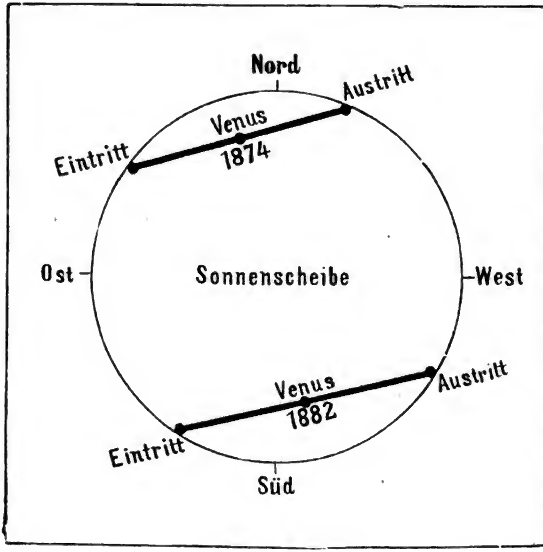


Fig. 92.

als bei den Planeten, da meistens die Lage der Bahnen derselben sehr von der Lage der Erdbahn abweicht, und ihre Exzentrizität größer ist, als diejenige der Planetenbahnen. Da im Sonnensystem wohl tausende von Kometen vorhanden sein mögen, so können auch Bahnen derselben nahe der Erdbahn liegen, wodurch Annäherung eines Kometen an die Erde möglich wird. Es müßten aber, um die

Möglichkeit zu verwirklichen, Komet und Erde sich gleichzeitig in den Örtern befinden, wo die Bahnen einander am nächsten sind. Sollte jedoch ein Zusammentreffen des Kometen und der Erde stattfinden, so müßten die Bahnen selbst einander durchschneiden, und es müßten Komet und Erde gleichzeitig im Durchschnittsort sein. In Erwägung der großen Geschwindigkeit des Laufes der Erde und vornehmlich des Kometen in der Sonnennähe dürfte man wohl berechtigt sein zu behaupten, daß ein derartiges Vorkommnis den geringsten Grad von Wahrscheinlichkeit für sich habe. Eine große Annäherung hat bereits stattgefunden: der Komet von 1770 näherte sich der Erde bis 36 000 Meilen. Es hat aber diese Nähe des Kometen nicht den geringsten Einfluß auf die Erde erkennen lassen.

In welcher Weise stehen Erscheinungen von Sternschnuppen mit dem Laufe der Erde in ihrer Bahn in Verbindung?

Die Meteoriten, welche als sehr kleine Körper entweder vereinzelt oder in großer Anzahl wolkenförmig vereint die Sonne in geschlossenen Bahnen umkreisen, kommen bei dem Umlaufe der Erde um die Sonne insofern in Betracht, als die Erdbahn verschiedene Meteoritenbahnen durchschneidet. Wenn nun bei dem Bahndurchschreiten der Erde an dem Orte des Zusammentreffens derselben Meteoriten vorhanden sind, so erscheinen dieselben, in der Erdatmosphäre sich entzündend, als Feuerkugeln und Sternschnuppen, oder sie fallen auf die Erde als Meteorite, wenn die Richtung des Laufes derselben dazu geeignet ist. Um den 10. bis 13. August und den 12. November gelangt die Erde an Örter ihrer Bahn, in welchen sie den Bahnen gewisser Sternschnuppenschwärme sehr nahe ist. Infolgedessen sieht man in den Nächten um jene Epochen zahlreiche Sternschnuppen am Himmel auftauchen. Die Auguststernschnuppen erscheinen im Perseus und heißen daher Perseiden; die Novembersternschnuppen erscheinen im Löwen, weshalb sie Leoniden genannt werden. Jene stimmen in ihren Bahnen mit der Bahn des Kometen III 1862,

diese mit der Bahn des Kometen I 1866 überein. In der Bahn dieser Novembermeteoriten ist eine große Meteoritenwolke vorhanden, und nach je 33 Jahren findet ein Zusammentreffen der Erde mit dieser Wolke im Durchschnittspunkte der Bahnen statt. Dieses Zusammentreffen ist beobachtet worden den 11. und 12. November 1799, den 12. November 1833 und den 13. November 1866. Die Sternschnuppenschwärme waren zu diesen Zeiten so groß, daß die einzelnen Meteore nicht gezählt werden konnten.

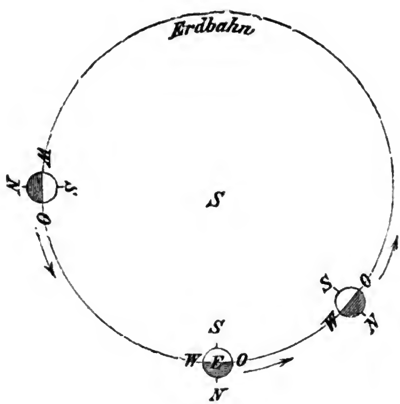


Fig. 93.

Die Bewegung der Erde in ihrer Bahn hat aber noch einen anderen Einfluß auf die Häufigkeit des Sichtbarwerdens von Sternschnuppen. Man nennt den Ort am Himmel, gegen welchen hin die Bewegung der Erde in ihrer Bahn jeweils gerichtet ist, den Apex. Wenn nun die Sternschnuppen aus allen möglichen Richtungen in sehr großer Anzahl nahe bei der Erde durch den Raum fliegen, so ist klar, daß in der Richtung des Apex die meisten Sternschnuppen sichtbar werden müssen, in der diametral gegen-

über stehenden aber die wenigsten. Der Apex steht für jeden Ort der Erde morgens gegen 6 Uhr über dem Horizont im Meridian und um 6 Uhr abends unter dem Horizont im Meridian. Es sei Fig. 93 S der Ort der Sonne und der Kreis bezeichne die Bahn der Erde, welche letztere sich in der Richtung des Pfeils bewegt. Überall auf der Erde hat der Punkt S, welcher der Sonne zugewendet ist, Mittag, während O die Richtung nach Osten, W nach Westen bezeichnet. In O ist es morgens 6 Uhr, in W nachmittags 6 Uhr. Man



Fig. 94.

ersieht sogleich, daß der Punkt O dem Punkt, auf welchen die Erde zueilt, zugewendet ist, d. h. dem Apex. Sonach müssen lediglich infolge der Erdbewegung um die Sonne vor Mitternacht weniger Sternschnuppen sichtbar sein als nach Mitternacht. Die Beobachtungen bestätigen dies in der That. Genaueres hierüber sehe man im Katechismus der Astronomie.

Welcher Zusammenhang findet zwischen dem Laufe der Erde und der Erscheinung des Zodiakallichtes statt?

Das in dem Bereiche des Tierkreises erscheinende Zodiakallicht (Fig. 94) wird als Reflexionserscheinung auf-

gefaßt, welche dadurch entsteht, daß die Sonnenstrahlen von einer feinen Materie reflektiert werden, die in der Richtung des Sonnenäquators in einem flachen ringförmigen Raume um die Sonne zwischen Erdbahn und Venusbahn sich befindet. In den Tropenländern ist das Zodiakallicht jeden Tag des Jahres vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel und nach Sonnenuntergang am Abendhimmel, wenn nicht trübe Luft oder Mondschein es verhindern, sichtbar, mit Ausnahme einiger Tage um den 9. Juni und 10. Dezember, zu welchen Zeiten die Sonne an den Örtern erscheint, wo die Ebenen des Sonnenäquators und der Erdbahn einander durchschneiden. In unseren Gegenden wird das Zodiakallicht bei klarer Luft und Mondscheinabwesenheit in den Monaten Februar, März und April bald nach Sonnenuntergang am Abendhimmel und in den Monaten September und Oktober vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel erblickt, am besten gegen Anfang März und Mitte Oktober. Der Ort der Erde in ihrer Bahn bedingt das Hervortreten dieser Erscheinung, was aus der periodisch-jährlichen Wiederkehr derselben ersichtlich ist, und mithin wird auch dieses Vorkommnis von dem Laufe der Erde um die Sonne beeinflußt.

Welche Erscheinungen bei den Monden der Planeten stehen in Abhängigkeit von dem Jahreslauf der Erde?

Die Monde des Neptun, Uranus, Saturn, Jupiter und des Mars erhalten durch den Erdumlauf eine Verschiebung ihrer scheinbaren Örter. Die Ringe des Saturn, welche man in die Kategorie der Monde einreihen kann, werden nicht erblickt, wenn die Erde oder die Sonne in der erweiterten Ringebene steht, und auch dann nicht, wenn die Sonnenstrahlen und der Blick von der Erde auf entgegengesetzte Ringflächen fallen. Diese Vorkommnisse sind zumteil von dem Lauf der Erde in ihrer Bahn abhängig.

Die Fortschreitung der Erde in ihrer Bahn hat durch Beobachtung der Zeiten des Eintritts des ersten Jupiter-

mondes in den Jupiterschatten zu der Entdeckung der Lichtgeschwindigkeit geführt. Bei Annäherung der Erde an Jupiter erscheint die Verfinsterung des Jupitermondes um 14 Sekunden verfrüht, bei Entfernung aber um 14 Sekunden verspätet. Die Strecke der Bahn, welche die Erde während der Zeit von einer dieser Verfinsterungen bis zu der nächsten zurücklegt, beträgt gegen 560000 Meilen. Bei Annäherung (Fig. 95 a) verkürzt, bei Entfernung (Fig. 95 e) verlängert die Erde den Weg des von dem Jupitermond zu ihr reflektierten Sonnenstrahls, welchen dieser bei gleichbleibender Entfernung (Fig. 95 g) zurückzulegen hat, um 560000 Meilen. Da nun sowohl Verfrühung als auch Verspätung je 14 Sek. in Zeit betragen, so folgt hieraus, daß der Lichtstrahl in jeder Sekunde gegen 40000 Meilen durcheilt.

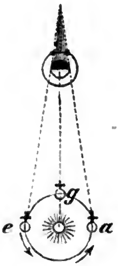


Fig. 95.

Wie zeigt sich der Einfluß des Erdumlaufes auf die Erscheinungen des Erdmondes?

Die Mondphasen: Neumond, Erstes Viertel, Vollmond, Letztes Viertel (Fig. 96 N, E, V, L) entstehen dadurch, daß bei dem Umlaufe des Mondes um die Erde entweder die nichterleuchtete (N) oder ein Teil der erleuchteten (E und L) oder die ganze erleuchtete (V) Hälfte der von der Sonne beschienenen Mondkugel der Erde zugewendet ist. In den Syzygien (Neumond und Vollmond) stehen Erde, Sonne und Mond in einer Ebene, welche auf der Erdbahnebene senkrecht ist, und sie können hierbei auch in einer geraden Linie sein. Von der Erde aus gesehen erscheinen bei

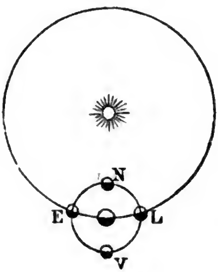


Fig. 96.

Neumond die Erde und die Sonne nach derselben Richtung hin, in Konjunktion, bei Vollmond nach entgegengesetzter Richtung, in Opposition. Bei den

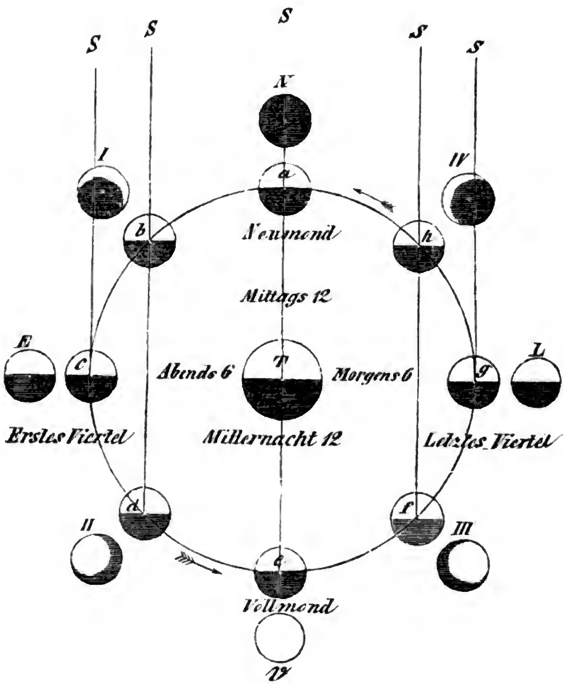


Fig. 97.

Quadraturen, Erstes Viertel und Letztes Viertel, bilden die Gesichtslinien von der Erde aus nach der Sonne und nach dem Monde hin an der Erde genau oder nahebei einen rechten Winkel. Der Vorgang der allmählichen Zunahme des erblickten Teiles der erhellten Mondhälfte von Neumond

bis Vollmond und der Abnahme desselben von Vollmond bis Neumond ist aus Fig. 97 ersichtlich. Die Sonnenstrahlen sind als in paralleler Richtung von der Sonne kommend dargestellt. In dem ersten (I) und dem vierten (IV) Oktanten wird die Phase in sichelförmiger Gestalt erblickt. In dem zweiten (II) und dritten (III) Oktanten erscheint dieselbe auf der einen Seite mit kreisbogenförmiger, auf der andern mit ellipsenbogenförmiger Begrenzung. Die in der Figur angegebenen Zeiten: mittags 12 Uhr, abends 6 Uhr, nachts 12 Uhr und früh 6 Uhr bezeichnen diejenigen Zeiten, zu welchen der Mond in der danebenstehenden Phase durch den Meridian geht.

In den Stellungen der Erde und des Mondes von dem Letzten Viertel durch Neumond bis zu dem Ersten Viertel ist die erleuchtete Seite der Erde dem Monde zugewendet, die Sonnenstrahlen werden daher von der Erde auf den Mond reflektiert und derselbe zeigt dadurch den nicht auf ihm von der Sonne beschienenen Teil in schwacher Beleuchtung. Man nennt diese schwache Beleuchtung das aschgraue Licht. Es tritt dasselbe bei den Sichelphasen deutlich hervor, ist in der Nähe der Viertel nur durch Fernrohre sichtbar und kann bei Neumond wegen der Nähe der Sonne nicht erblickt werden.

Im Verlaufe des Jahres nun werden die Phasen in ihrer Reihenfolge jedesmal an einem andern Ort des Sternenhimmels erblickt, da die Erde während eines Mondumlaufes gegen den zwölften Teil ihrer Bahn in dieser fortgeschritten ist. Es ist aber die Zeit von 12 Mondumläufen nicht gleich 1 Erdumlauf, daher erscheinen die Phasen in ihrer Reihenfolge in den auf einander folgenden Jahren nicht an denselben Örtern des Himmels. Die Erde ist in ihrer Bahn noch gegen 11 Grad von dem Orte entfernt, in welchem sie im vorhergehenden Jahre war, als die gleiche Phase erblickt wurde: es tritt daher jede Phase stets gegen 11 Tage früher als im vorhergehenden Jahre ein. Die Zeiten zwischen den

Phasen sind sehr verschieden lang, da, wie die Erde, so auch der Mond mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit in der Bahn fortschreitet.

Wodurch entsteht die ungleichmäßige Geschwindigkeit des Mondlaufes?

Wie die Planeten, so läuft auch der Mond in elliptischer Bahn, so daß verschiedene Entfernungen desselben von dem Zentralkörper entstehen, wodurch Verschiedenheit in der Geschwindigkeit des Laufes verursacht wird. In der Mondbahnellipse ist von der in einem Brennpunkte derselben stehenden Erde der Mond in mittlerem Abstande 51805 Meilen, in größtem 54650 Meilen, und in dem kleinsten 48960 Meilen entfernt. Die Exzentrizität beträgt 2875 Meilen. In der gegen 325000 Meilen enthaltenden Mondbahn legt der Mond täglich bei mittlerer Geschwindigkeit fast 12000 Meilen, bei größter (in der Erdnähe, im Perigäum) gegen 13500 und bei kleinster (in der Erdferne, im Apogäum) gegen 10500 Meilen zurück. Der Mond erscheint daher nach Verlauf von 24 Stunden am Sternenhimmel bei mittlerer Geschwindigkeit gegen 13 Grad, in der Erdnähe gegen 15 Grad und in der Erdferne gegen 11 Grad täglich von Abend nach Morgen fortgerückt, wodurch die Zeit seiner Wiederkehr in den Ortsmeridian Veränderungen erleidet.

Nach welcher Zeit erfolgt die Wiederkehr des Mondes in den Ortsmeridian?

Der Mond schreitet thatsächlich unter den Fixsternen von Westen nach Osten fort, kommt daher später in den Meridian als ein Fixstern, mit welchem er an dem vorhergehenden Tage gleichzeitig durch denselben ging. Bei schnellerem Laufe des Mondes von Westen nach Osten ist die Verspätung seiner Wiederkehr in den Meridian größer, bei langsamerem Laufe ist sie kleiner. Diese Verspätung beträgt im Maximum 66 Minuten, im Minimum 40 Minuten und im Mittel

kulminiert der Mond je um 52 Minuten später als an dem vorhergehenden Tage.

Die Verschiedenheit in den Zeiten der Wiederkehr des Mondes in den Ortsmeridian verursacht eine diesem Gange entsprechende Wiederkehr der Ebbe und Flut, welche aber auch in mehreren ihrer Erscheinungen einen zugleich stattfindenden Einfluß des Erdumlaufes erkennen lassen.

Welchen Einfluß hat der Erdumlauf auf die dem Tageslaufe des Mondes folgende Flutwelle?

In großen freien Meeren bewirkt die Anziehung des Mondes am meisten an dem Orte, wo der Mond im Zenith steht, eine Erhebung der Wasseroberfläche nach dem Monde hin, welche eine Höhe bis im Mittel 6 Meter erreicht. Die dadurch entstehende Flutwelle folgt dem scheinbaren Tageslaufe des Mondes, welcher von der Rotation der Erde und dem Laufe des Mondes in seiner Bahn abhängig ist. Im Mittel findet an jedem davon betroffenen Orte nach je 24 Stunden 52 Minuten ein durch diese Flutwelle bewirkter Hochstand der Wasseroberfläche statt. Im Nadir, entgegengesetzt dem Zenith, bleibt infolge größerer Entfernung vom Monde, wodurch die Anziehungskraft des Mondes schwächer wirkt, das dortige Wasser in der Richtung nach dem Monde hin, im Verhältnis zu den übrigen Teilen der Erde, zurück, wodurch ebenfalls Erhöhung der Wasseroberfläche daselbst entsteht. Diese zweite Flutwelle folgt der ersteren in einem Zeitabstand von etwa 12 Stunden 26 Minuten nach. Es treten daher an einem Orte, welcher überhaupt Flut und Ebbe hat, täglich zwei Hochstände des Wassers ein, nach Zeit abhängig von dem oberen und unteren Durchgang des Mondes durch den Ortsmeridian. Auf eine Erhöhung der Wasseroberfläche wirkt aber auch die Anziehungskraft der Sonne, jedoch infolge der größeren Entfernung in geringerem Maße, so daß, ungeachtet der großen Sonnenmasse, die Wirkung der Sonne auf Flutung nur den vierten Teil der Wirkung des Mondes beträgt. Zu den Zeiten des Neu=

mondes wirken Mond und Sonne in gleicher Richtung, zu den Zeiten des Vollmondes wirkt das eine dieser Gestirne im Nadir, während das andere im Zenith wirkt; bei Neumond sowohl als auch bei Vollmond entstehen bedeutend höhere Flutwellen, die sogenannten Springfluten. Zu den Zeiten der Quadraturen, Erstes Viertel und Letztes Viertel, wird die Mondflut von der Sonnenflut abgeschwächt, es entstehen die „tauben Fluten“, die „Nippfluten“, die „Wippfluten“. Der Mond wirkt stärker in der Erdnähe, schwächer in der Erdferne; ebenso wirkt die Sonne stärker, wenn die Erde in der Sonnennähe ist, als bei dem Laufe der Erde in der Sonnenferne, und durch dieses letztere Vorkommnis erscheint der Erdumlauf als Flut und Ebbe beeinflussend. Im allgemeinen sind daher bei den Flutungen drei Hauptperioden zu unterscheiden, und zwar die tägliche, die monatliche und die jährliche, von welchen die erste mit dem Durchgange des Mondes durch den Meridian, die zweite mit den Syzygien (Neumond, Vollmond), die dritte mit der Apsidenlinie der Erdbahn (Perihel, Aphel) in Verbindung stehen. Bei dem durch den Monatsverlauf bedingten Zeitabschnitt ist von den verschiedenen Monaten der als „synodische“ bezeichnete in Betracht gezogen.

Welche Arten von Monaten sind überhaupt vorhanden?

Ausgangsort und Rückkehr zu demselben bedingen im Mondlauf einen Abschluß, einen Monat. Es bedingen: Rückkehr zu einem und demselben Punkte in der Bahn, bestimmt nach Fixsternörtern, den siderischen Monat, welcher 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten 12 Sekunden währt; Rückkehr zu dem Frühlingspunkt den um 7 Sekunden kürzeren tropischen Monat; Rückkehr zu der Erdnähe den anomalistischen Monat mit der Dauer 27 Tage 13 Stunden 18 Minuten 37 Sekunden; Rückkehr zu der Neumondsphase den synodischen Monat, dessen Länge 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten 3 Sekunden ist, und Rückkehr zu dem Ort, wo der Mond von der Südseite der

Erdbahnebene auf die Nordseite derselben übergeht, den Drachenmonat zu 27 Tagen 5 Stunden 5 Minuten 36 Sekunden Dauer. Der siderische Monat hat einen unveränderlich festen Grenzpunkt. Der Grenzpunkt des tropischen Monats hat eine geringe Veränderung, worüber in dem nächstfolgenden Abschnitt Mitteilungen gemacht werden. Der anomalistische Monat hat in dem Perigäum einen Grenzpunkt, welcher in jedem Monat gegen 3 Grad von Abend nach Morgen fortrückt, und da der Mond im Mittel täglich gegen 13 Grad zurücklegt, so hat er noch gegen 6 Stunden vorwärts zu gehen, um das ihm im Laufe vorausgegangene Perigäum einzuholen. Der synodische Monat ist in seiner Dauer abhängig von dem Laufe der Erde um die Sonne, welchen die scheinbare Fortschreitung der Sonne unter den Fixsternen verursacht. Diese Fortschreitung beträgt in einem siderischen Monat gegen 27 Grad; es hat daher der Mond, um nach erfolgter Konjunktion (Neumond) wieder mit der Sonne in Konjunktion (Neumond) zu gelangen, noch gegen 2 Tage seinen Lauf fortzusetzen, nachdem der siderische Monat vollendet ist. — Die zwischen 5 Grad und 5 Grad 18 Minuten schwankende Neigung der Mondbahn gegen die Erdbahn bedingt ein Aufsteigen des Mondes über und ein Niedersteigen desselben unter die Erdbahnebene. Die Knotenlinie, d. h. die Durchschnittslinie der beiden Bahnebenen, die Verbindungslinie des aufsteigenden (☊) und des niedersteigenden (☋) Knotens, verändert unaufhörlich ihre Lage, so daß der aufsteigende Knoten in jedem Monat gegen 1 Grad 27 Minuten in der Richtung von Morgen nach Abend fortrückt, mithin dem Monde in seinem Laufe in der Bahn entgegengeht und ein Zusammentreffen bewirkt, welches gegen 2 Stunden 38 Minuten früher geschieht, als der siderische Monat vollendet ist. In 18 Jahren 219 Tagen vollbringt die Knotenlinie einen vollständigen Kreislauf in der Ekliptik, während das Perihel in 8 Jahren 310½ Tagen einen solchen Umlauf vollbringt.

In welcher Weise ist der hohe oder niedrige Stand des Vollmondes über dem Horizonte von dem Ort der Erde in der Bahn und dem aufsteigenden Knoten der Mondbahn abhängig?

Der scheinbare Ort der Sonne ist von dem Orte der Erde in ihrer Bahn abhängig. Wenn die Sonne im Zeichen des Krebses erscheint, so steht sie (für die nördliche Erdhälfte) des Mittags sehr hoch über dem Horizonte; hingegen ist bei ihrem Erscheinen im Zeichen des Steinbocks ihr Stand über dem Horizont ein sehr niedriger. Jenes tritt zu Sommersanfang, dieses zu Wintersanfang ein. Nehmen wir vorläufig an, der Mond bewege sich in der scheinbaren Sonnenbahn, in der Ekliptik. Da der Vollmond stets der Sonne gegenüber steht, also im Steinbock erblickt wird, wenn die Sonne im Krebs erscheint, und im Krebs erblickt wird, wenn die Sonne im Steinbock erscheint, so muß der Vollmond zu Sommersanfang einen niedrigen, zu Wintersanfang einen hohen Stand haben bei seinem Durchgang durch den Meridian. Dabei kann indessen noch eine Vermehrung oder Verminderung des hohen oder niedrigen Standes des Mondes eintreten, so daß der Vollmond bei der Kulmination im Sommer auffällig niedrig, im Winter auffällig hoch erscheint. Diese Veränderungen sind von dem jeweiligen Orte des aufsteigenden Knotens der Mondbahn in der Ekliptik abhängig. Wenn der aufsteigende Knoten der Mondbahn mit der Frühlingsnachtgleiche zusammenfällt, so wird der Mond seinen nördlichsten Punkt eben da erreichen, wo die Ekliptik selbst sich am weitesten vom Äquator gegen Nord entfernt und bei der südlichen Abweichung wird das Nämliche stattfinden. Fällt aber der aufsteigende Knoten der Mondbahn mit dem Herbstäquinoctium zusammen, so wird der Mond seine größte nördliche Breite da erreichen, wo die Ekliptik am weitesten gegen Süden abweicht und umgekehrt. Es ist demnach überhaupt der größte Hochstand des Mondes ($23^1/_2{}^\circ + 5^\circ =$) $28^1/_2$ Grad über dem Himmelsäquator, der größte Tiefstand desselben: $28^1/_2$ Grad unter dem Himmelsäquator, und es müssen zwischen diesen Grenzen

alle Mondhöhen statthaben. Beim aufsteigenden Knoten der Mondbahn im Frühlingspunkte erscheint daher der Vollmond zu Wintersanfang $28\,^1/_2$ Grad über und zu Sommersanfang $28\,^1/_2$ Grad unter dem Himmelsäquator. Wenn nun hierbei, z. B. in 51° geographischer Breite, woselbst die Äquatorhöhe (90—51 =) 39 Grad beträgt, der Wintervollmond durch den Meridian geht, so erscheint derselbe ($39 + 28\,^1/_2 =$) $67\,^1/_2$ Grad über dem Horizonte, während der Sommervollmond bei seinem Meridiandurchgange nur ($39 - 28\,^1/_2 =$) $10\,^1/_2$ Grad über dem Horizonte erscheint. Der Neumond hat bei dieser Mondbahnlage dieselben Höhenstände über dem Horizont, welche der Vollmond hat; es finden aber der höchste Stand des Neumondes zu Sommersanfang und der niedrigste Stand desselben zu Wintersanfang statt.

Wenn der aufsteigende Knoten der Mondbahn im Herbstpunkte ist, so erscheinen im 51. Grad geographischer Breite (39 Grad Äquatorhöhe) bei dem Durchgange durch den Meridian der Wintervollmond ($39 + 23\,^1/_2 - 5 =$) $57\,^1/_2$ Grad, der Sommervollmond ($39 - 23\,^1/_2 + 5 =$) $20\,^1/_2$ Grad über dem Horizont.

In diesen beiden erörterten Mondbahnlagen sind die Grenzen der periodisch wiederkehrenden hohen und niedrigen Stände des Mondes über dem Horizont angegeben.

Wie lang ist die Periode der Wiederkehr sehr hoher Mondstände?

Die Wiederkehr der höchsten Mondstände steht im Zusammenhange mit der Umlaufszeit des aufsteigenden Knotens der Mondbahn in der Ekliptik. Diese Umlaufszeit ist siderisch 6793 Tage, tropisch 6798 Tage. Nach je 18 Jahren 7 Monaten ist daher der aufsteigende Knoten wieder im Frühlingspunkt. Es fand dies statt: Mitte Juli 1857 und Anfang März 1876, und wird wieder stattfinden: im Oktober 1894. Von dem Hochstande des Mondes ist die Größe des Tagebogens, die Zeitdauer des scheinbaren Mondlaufes über dem Horizont, abhängig, und es kann

dieser Lauf im 51. Grad geographischer Breite bis gegen 18 Stunden währen, wobei die nördliche Morgen- und Abendweite gegen 50 Grad beträgt. Es kann aber auch dieser Mondlauf über dem Horizont in nur 6 Stunden vollendet sein, wobei südliche Morgen- und Abendweite gegen 50 Grad enthält. Im ersteren Falle nähert sich der Mond bei Auf- und Untergang dem Nordpunkt bis 40 Grad, im letzteren Falle dem Südpunkt bis 40 Grad. Jenes findet bei höchstem, dieses bei niedrigstem Mondstand über dem

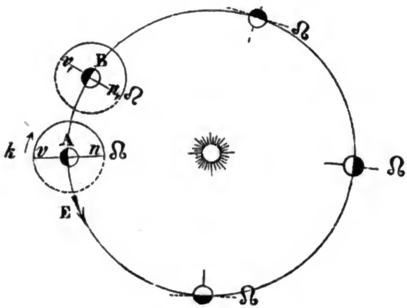


Fig. 98.

Horizonte statt, bei den durch die Lage der Knotenlinie der Mondbahn und Erdbahn verursachten Grenzen in den Entfernungen des Mondes von dem Himmelsäquator.

Die Umlaufszeit der Knotenlinie wird auch durch die Richtung, welche dieselbe nach der Sonne hin hat, bestimmt. Man nennt diese Abgrenzung die synodische Umlaufszeit. Um diese zu ermessen, zieht man einen der beiden Knoten in Betracht, und es mag dazu hier der aufsteigende Knoten gewählt sein. Dieser Knoten ist mit der Sonne in Konjunktion, wenn sein Ort und der Ort der Sonne von der Erde aus gesehen in gerader Linie liegen. In Fig. 98 sei vn die Knotenlinie und es erscheint bei dieser Stellung der aufsteigende Knoten, ☊, mit der Sonne in Konjunktion. Diese Stellung

behält die Knotenlinie nicht, sondern sie dreht sich in der Richtung des Pfeiles k täglich 3′ 10″.6 sowohl der Rotation als auch dem Laufe der Erde entgegen. Dies bewirkt, daß sie nach 346 Tagen 14 Stunden 53 Minuten, zu welcher Zeit die in der Richtung des Pfeiles E fortschreitende Erde von dem Orte A bis zu dem Orte B fortgeschritten ist, eine Stellung hat, in welcher der aufsteigende Knoten wieder mit der Sonne in Konjunktion ist. Der Knoten ist in dieser Zeit gegen $18^1/_2$ Grad der Erde in ihrem Jahreslaufe entgegengekommen, so daß derselben gegen $18^1/_2$ Tage erspart werden, welche sie noch bis zu eintretender Konjunktion von aufsteigendem Knoten und Sonne hätte laufen müssen, wenn die Knotenlinie ihre Lage unverändert behalten hätte.

Mit der synodischen Umlaufszeit der Knoten stehen die Verfinsterungen an Mond und Erde, die Mondfinsternisse und Erdfinsternisse, letztere herkömmlicher Weise Sonnenfinsternisse genannt, in Verbindung.

Welche Beziehung hat die Knotenlinie des Mondes zu den Sonnen- und Mondfinsternissen?

Wenn die Syzygien (Neumond und Vollmond) in der Knotenlinie des Mondes oder nahe derselben stattfinden, so treten Verfinsterungen ein; bei Neumond entsteht eine Sonnenfinsternis, bei Vollmond entsteht eine Mondfinsternis. In ersterem Falle tritt der dunkle Mond zwischen Sonne und Erde; in letzterem tritt die dunkle Erde zwischen Sonne und Mond. Jedes von diesen beiden Vorkommnissen kann in dem aufsteigenden oder in dem niedersteigenden Knoten oder in der Nähe derselben geschehen. Fig. 98 veranschaulicht diese Vorkommnisse. Zugleich ist aus dieser Figur ersichtlich, daß nach (fast) je einem halben Jahre Verfinsterungen wieder eintreten können, aber in der Zwischenzeit dieselben nicht möglich sind, da der Mond als Neumond und Vollmond in diesen Zwischenzeiten über oder unter der erweiterten Erdbahnebene (Ekliptik) bleibt, mithin weder vor die Sonnenscheibe noch in den Schatten

der Erde, welche beide in der Erdbahnebene sind, tritt. Es beträgt die Zwischenzeit nicht völlig ein halbes Jahr, da 12 synodische Monate und 11 Tage in einem Jahre enthalten sind, daher der Vollmond (so auch der Neumond) in der Nähe der Knotenlinie 5 bis 6 Tage früher, als ein halbes Jahr verflossen ist, statthat.

Auf welche Weise entsteht Verschiedenheit in den Erscheinungen der Verfinsterungen?

Der Eintritt der Verfinsterungen ist nicht an ein genaues Zusammentreffen der Syzygien (Neumond und Vollmond) mit der Knotenlinie gebunden, sondern es kann dieser Ein-

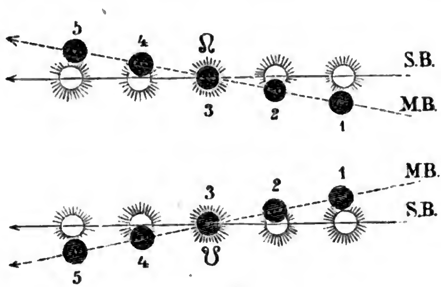


Fig. 99.

tritt auch einige Zeit vor oder nach dem Durchgang des Mondes durch die Knotenlinie erfolgen. Die Weite dieses Spielraumes ist von den Größen der Sonne und des Mondes, von ihren Entfernungen von der Erde und von der Neigung der Mondbahn zu der Erdbahn abhängig. In Fig. 99 sind die scheinbaren Bahnen der Sonne und des Mondes, mit S.B. und M.B. bezeichnet, dargestellt. Sowohl bei dem aufsteigenden (☊) als auch bei dem niedersteigenden (☋) Knoten der Bahnen sind in Stellung 1 der der Erde nähere Mond und die von der Erde entferntere Sonne noch zu Nichtdeckung von einander entfernt. In

Stellung 2 deckt **vor** dem Durchgange des Mondes durch den Knoten der Mond einen Teil der Sonne: es entsteht **partiale** Sonnenfinsternis. In Stellung 3 treffen Sonne und Mond in dem Knoten zu völliger Deckung der Sonnenscheibe zusammen: es entsteht **totale** oder **ringförmige** Sonnenfinsternis, erstere, wenn der Mond (in der Nähe des Perigäum) größer, letztere, wenn derselbe (in der Nähe des Apogäum) kleiner erscheint als die Sonne. In Stellung 4 deckt **nach** dem Durchgange des Mondes durch den Knoten

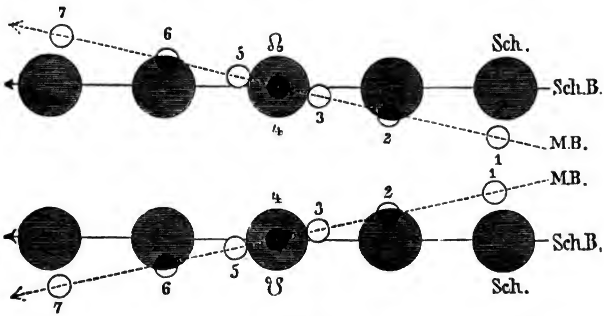


Fig. 100.

derselbe einen Teil der Sonne zu **partialer** Verfinsterung. In Stellung 5 sind Sonne und Mond von einander so weit entfernt, daß sie sich nicht mehr decken.

In Fig. 100 bezeichnet Sch. den kreisförmigen Durchschnitt des Erdschattens, in seinem dem Laufe der Erde entsprechenden Fortschreiten in der Schattenbahn (Sch. B.) und die Figuren 1—7 bezeichnen den Vollmond in seiner Bahn, M. B. Von dem Zusammentreffen des Vollmondes und des Erdschattens an den verschiedenen Örtern ist es abhängig, ob eine kleinere oder größere **partiale**, oder ob eine kürzere oder längere Zeit währende **totale** Mondfinsternis eintritt. In Fig. 100 findet in den Örtern 1 und 7 keine

Mondfinsternis statt. In den Örtern 2 und 6 findet partiale Mondfinsternis statt. In dem Orte 3 ist Anfang, in dem Orte 4 Mitte und in dem Orte 5 Ende der totalen Verfinsterung angezeigt.

Innerhalb welcher Grenzen ist die Möglichkeit der Verfinsterungen überhaupt vorhanden?

Bei der Bestimmung der Grenzen in den Abständen von dem Knoten, innerhalb welcher bei Neumond Sonnenfinsternisse, bei Vollmond Mondfinsternisse vorkommen, sind zu unterscheiden totale und partiale Verfinsterungen, und es ist zu beachten, ob dieselben vorkommen müssen oder nur vorkommen können.

Die genaue Untersuchung zeigt, daß eine totale Sonnenfinsternis eintreten muß, wenn der Mond von einem seiner Knoten bis zu 7° 46′ entfernt ist, daß sie dagegen noch eintreten kann, wenn dieser Abstand bis zu 13° 19′ beträgt. Eine partiale Sonnenfinsternis muß eintreten bei einem Knotenabstand bis zu 13° 33′, sie kann eintreten bei einem Abstand bis zu 19° 44′.

Eine totale Mondfinsternis muß eintreten, wenn der Knotenabstand des Mondes bis 3° 30′ beträgt, sie kann eintreten, wenn derselbe bis zu 7° 19′ ist. Eine partiale Mondfinsternis muß eintreten bei einem Knotenabstand bis zu 7° 47′, sie kann noch eintreten bei einem solchen Abstand bis zu 13° 21′.

Wodurch wird verursacht, daß die Grenzen für Sonnenfinsternisse weiter von einander entfernt sind als für Mondfinsternisse?

Bei den Mondfinsternissen ist für alle Orte der Erde, wo überhaupt diese Erscheinung wahrgenommen wird, dieselbe gleich groß und zu physisch gleicher Zeit in gleicher Weise verlaufend, da das durch die reflektierten Sonnenstrahlen entstehende Leuchten des Mondes an den Stellen der Mondscheibe, wo die Verfinsterung eintritt, aufhört. Bei den

Sonnenfinsternissen findet kein Aufhören des Leuchtens der Sonnenscheibe statt, sondern es tritt nur ein undurchsichtiger dunkler Körper, der Mond, vor die Sonne und verhindert, daß sämtliche Sonnenstrahlen oder ein Teil derselben an Orte der Erde gelangen. Während in irgend einem Bereiche der Erdoberfläche der Mond das Erblicken der ganzen Sonne oder eines Teiles derselben verhindert, erscheint an anderen Orten derselben die Sonne ohne jede Verdunkelung. Durch die mit der Veränderung des Ortes der Beobachtung eintretende scheinbare Verschiebung der Mondscheibe erweitert sich der Bereich der Möglichkeit für die Wahrnehmung von Sonnenfinsternissen auf der Erdoberfläche überhaupt. Es finden unter den in einem 19jährigen Cyklus der auf der Erde überhaupt vorkommenden 70 Verfinsterungen: 29 Mondfinsternisse und 41 Sonnenfinsternisse statt. An irgend einem Orte der Erde erscheint aber etwa nach je 2 Jahren eine partielle und erst nach je 150 bis 200 Jahren eine totale Sonnenfinsternis, während durchschnittlich an jedem Orte jährlich wenigstens 1 Mondfinsternis vorkommt.

Welche Verschiedenheit zeigt sich in der Dauer der Sonnen- und Mondfinsternisse?

Das Auftreffen des Kernschattens des Mondes auf die Erdoberfläche verursacht an dem Orte, wo dasselbe stattfindet, eine totale Sonnenfinsternis, kein Strahl der Sonne gelangt zu diesem Orte (Fig. 101). Das Auftreffen des Halbschattens des Mondes verursacht eine partielle Sonnenfinsternis: es gelangen mehr oder weniger Strahlen von der scheinbaren Sonnenscheibe an diese von dem Halbschatten betroffenen Orte. Sowohl Kernschatten als auch Halbschatten schreiten auf der Erdoberfläche fort infolge des Mondlaufes und der Erdrotation, und beeinflußt von dem Laufe der Erde. Der Bereich des auf die Erde auftreffenden Kernschattens ist zwar verschieden, aber stets nicht groß, am Äquator nicht über 30 Meilen im Durchmesser. Dieser Kernschattenkreis

ist sehr bald über einen Ort der Erde hinweggerückt. An einem und demselben Ort währt die Totalität einer Sonnenfinsternis längstens 8 Minuten, aber der ganze Verlauf in der Reihenfolge der Orte mit totaler Sonnenfinsternis kann 4 bis 5 Stunden währen, und mit der vorausgehenden und nachfolgenden partialen Finsternis zusammen bis gegen 7 Stunden. — Der Mond kann bis gegen 2 Stunden total und während 1 Stunde vor Beginn der Totalität und 1 Stunde nach dem Ende derselben partial verfinstert sein

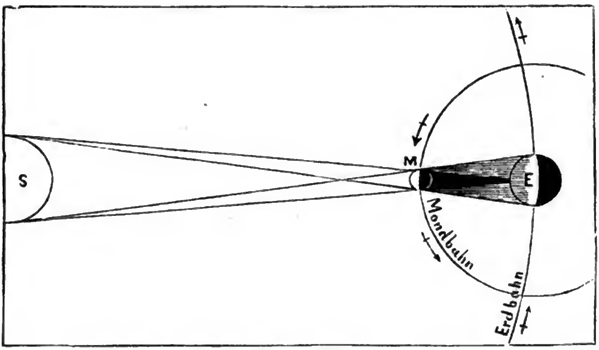


Fig. 101.

(Fig. 102 S. 212). Die partiale Mondfinsternis kann nur einige Sekunden, aber auch bis $2^1/_4$ Stunden währen, aber nicht länger; denn dann würde der Mond bei seiner Durchschreitung des Erdschattens dem Zentrum desselben so nahe kommen müssen, daß er gänzlich in dem Schatten wäre, folglich total verfinstert würde. Überhaupt ist der Schattenkreis stets beträchtlich größer als die Mondscheibe, es kann daher nie eine ringförmige Mondfinsternis entstehen, etwa in einer Weise, wie die ringförmigen Sonnenfinsternisse erblickt werden.

Wodurch entstehen ringförmige Sonnenfinsternisse?

Wenn der scheinbare Durchmesser des Mondes kleiner ist als der scheinbare Durchmesser der Sonne, dann kann die Sonnenscheibe nie völlig von der Mondscheibe bedeckt werden und bei genau oder nahebei konzentrischer Stellung dieser Scheiben bleibt um eine verdunkelte Kreisfläche auf der Sonnenscheibe ein heller Ring. Dies findet statt, wenn der Mond in seiner Bahn nahe der Erdferne, und die Erde

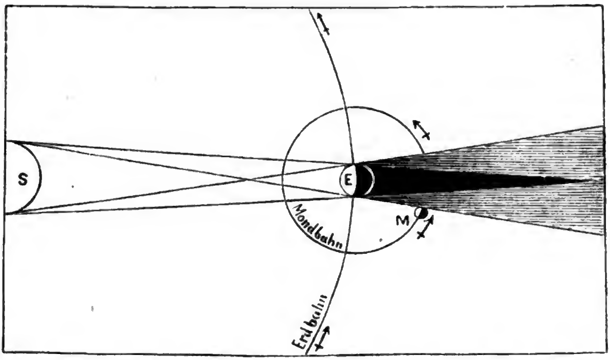


Fig. 102.

in ihrer Bahn nahe der Sonnennähe sind. Der Kernschatten des Mondes reicht bei diesen Entfernungen des Mondes und der Sonne von der Erde nicht bis zu der Erdoberfläche. Es gelangen daher noch Strahlen vom Rande der Sonnenscheibe an diejenigen Orte, wo Totalität erblickt würde, wenn der Mond näher und die Sonne entfernter wären. Dieser Kernschatten des Mondes reicht von dem Monde ab bis mindestens 49 376 und höchstens 51 083 Meilen, während die Entfernung des Mondes von der Erde zwischen den Grenzen 48 960 und 54 650 Meilen schwankt. Es können nun ver-

schiedene Kombinationen der Mondschattenlänge und Mondentfernung von der Erde entstehen, so daß dadurch eine Verfinsterung als total oder als ringförmig sich herausstellen kann. Der Erdschatten hat je nach den Entfernungen der Erde von der Sonne eine Länge von 183000 bis 189000 Meilen, und der senkrechte Querschnitt des Schattenkegels, der Schattenkreis, hat an den Örtern, wo der Mond durch den Schatten geht, je nach der dabei vorhandenen Entfernung des Mondes von der Erde, einen Durchmesser von 1200 bis 1260 Meilen. Hieraus ist ersichtlich, daß, wie bereits erwähnt wurde, bei Mondfinsternissen nie ein heller Ring um eine verdunkelte Kreisfläche erscheinen kann. Eine ringförmige Sonnenfinsternis kann auch unter dem Zusammentreffen der günstigsten Stellungen von Erde, Sonne und Mond nur bis längstens 12$^1/_2$ Minuten an einem und demselben Beobachtungsorte währen.

Welche Planeten und Fixsterne können von dem Monde bedeckt werden?

Der monatliche Lauf des Mondes um die Erde, der jährliche Lauf der Mondbahn mit der Erde um die Sonne und der 19jährige Umlauf des aufsteigenden Knotens der Mondbahn in der Ekliptik verursachen, daß der Mond in der Reihe der Jahre innerhalb der Grenzen, welche durch die 28$^1/_2$ Grad nördlich und 28$^1/_2$ Grad südlich vom Himmelsäquator liegenden Parallelkreise dieses Äquators gebildet werden, an fast allen Stellen des Himmels, in diesem Bereiche von der Erde aus erscheinen kann. Es treffen daher im Verlaufe der Zeit Planetenörter und Mondörter nicht selten zusammen, und die dadurch verursachten Planetenbedeckungen sind vorausberechnet und werden in den astronomischen Jahrbüchern vorher angezeigt.

In gleicher Weise finden in diesem Bereiche des Himmels Fixsternbedeckungen statt, und auch diese Bedeckungen werden nach Vorausberechnungen vorher bekannt gemacht, da man

die Beobachtungen derselben zu Bestimmung des geographischen Längenunterschiedes weit von einander auf der Erdoberfläche liegender Örter benutzt. Diese Berechnungen erstrecken sich aber gewöhnlich nur auf Fixsterne bis zu sechster Größe. Von den Sternen erster Größe können gegenwärtig Aldebaran, Regulus, Spica und Antares vom Monde bedeckt werden.

Achter Abschnitt.

Die Präcession.

Zwei Arten der Bewegung der Erde, die Umdrehungs- und die Umlaufsbewegung, Rotation und Revolution, sind ausführlich besprochen worden; eine dritte Bewegungsart derselben, welche sich in einer Wendung der Erdachse kundgiebt und die Präcession verursacht, erfordert nun zunächst eine besondere Betrachtung.

Was bezeichnet das Wort „Präcession"?

Präcession bedeutet „Vorrücken", und wenn dieses Wort, wie hier, in Bezug auf Bewegung der Weltkörper gebraucht wird, so bezeichnet es eine Bewegung in der Richtung der Folge der Himmelszeichen, von Westen nach Osten. Man bringt nun dieses Wort mit der Fortschreitung des Frühlingspunktes (des Nachtgleichenpunktes), des Punktes, in welchem Himmelsäquator und Ekliptik einander durchschneiden, in Verbindung, und bildet die Zusammensetzung „Vorrücken der Nachtgleichen". Dieses Fortrücken des Nachtgleichenpunktes geschieht aber nicht in der Folge der Zeichen, sondern gegen die Folge derselben, in der Richtung des scheinbaren Tageslaufes der Gestirne. Es sollte daher diese Fortbewegung eigentlich „Retrogression des Frühlingspunktes" oder „Zurückrücken der Nacht-

gleichen“ heißen. Jene aus früher Zeit stammende Benennung hat sich aber fest eingebürgert und wird beibehalten. Wenn, wie es oft geschieht, nur die Bezeichnung „Präcession“ oder „Allgemeine Präcession“, ohne Beifügung eines auf den Frühlingspunkt hindeutenden Ausdruckes, in Anwendung kommt, so kann man sie zu „Präcession der Fixsterne“ ergänzen, und diese Benennung entspricht der Erscheinung, welche mit der Veränderung der Richtung der Erdachse in Verbindung steht.

In welcher Weise verändert sich die Richtung der Erdachse?

Die Erdachse verändert bei der Präcession ihre Lage nicht innerhalb der Erdkugel, so daß dadurch der Nordpol und der Südpol an anderen Orten der Erdoberfläche sein würden, sondern sie verändert allmählich ihre Richtung in Bezug auf den Himmelsraum, indem die gesamte Erdkugel allmählich eine andere Stellung erhält. Diese Umstellung geschieht für die Dauer eines Tages unmerklich, wird aber im Verlaufe eines Jahres schon meßbar, und in einem langen Zeitraum vollenden Nordpol und Südpol je einen völligen Umlauf durch rückläufiges Fortschreiten in einer Kreislinie, deren Mittelpunkt je in einem Pole der Ekliptik steht, und deren Entfernung von dem Mittelpunkte $23\frac{1}{2}$ Grad beträgt.

In welchem Zeitraume vollenden die Pole des Äquators einen Umlauf um die Pole der Ekliptik?

Der Umlauf der Pole, des Nordpols des Äquators um den Nordpol der Ekliptik und des Südpols des Äquators um den Südpol der Ekliptik, wird in nahebei 25 800 Jahren vollendet. Jetzt trifft die verlängerte Erdachse am nördlichen Himmel in die Nähe des Sternes Alpha im Kleinen Bären, und deshalb heißt gegenwärtig dieser Stern „Polarstern“. Im Jahre 2100 wird der Pol sich diesem Stern am meisten genähert haben und hierauf sich wieder von ihm entfernen. Es rückt dann der Pol fort in die Nähe von Sternen im Cepheus (γ, α), dann im Schwan (Deneb), dann in der

Leyer (Wega), dann im Drachen (α) und hierauf wieder in dem Kleinen Bären. Nur die hervorragenden Sterne, welchen der Nordpol bei seiner Wanderung nahe kommt und welchen daher die Bezeichnung „Polarstern" in der angegebenen Reihenfolge erteilt werden wird, sind hier namhaft gemacht. Fig. 103 veranschaulicht die Wanderungen des nördlichen und südlichen Poles des Äquators um den nächsten Pol der Ekliptik. Es seien PE der Ort des nördlichen, PE_1 der Ort des südlichen Poles der Ekliptik, PP_1

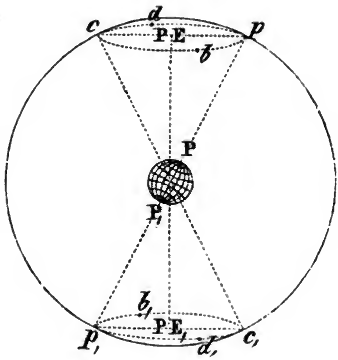


Fig. 103.

die gegenwärtige Stellung der verlängerten Erdachse, daher p der Nordpol, p_1 der Südpol des Himmelsäquators; die Wanderung der Pole geschieht nun am nördlichen Himmel durch b, c, d u. s. w., am südlichen Himmel durch b_1, c_1, d_1 u. s. w. Der Mittelpunkt dieser Wendung der Erdachse liegt im Mittelpunkt der Erde. — Man kann bei dieser Veranschaulichung von der Fortschreitung der Erde in ihrer Bahn gänzlich absehen, da die Fixsterne von der Erdbahn so weit entfernt sind, daß eine gerade Linie von der Erde zu irgend einem Fixstern (mit Ausnahme der wenigen eine Parallaxe zeigenden Sterne) genau dieselbe Richtung behält,

an welchem Orte in ihrer Bahn die Erde auch sein möge. — Von dieser Wanderung der Pole in Kreisen ist die Fortschreitung des Frühlingspunktes abhängig.

Wie ist der Zusammenhang zwischen Kreislauf der Pole und Fortschreitung des Frühlingspunktes?

Die Pole des Äquators sind die Endpunkte der Achse, welche in der Mitte der Äquatorkreisebene senkrecht auf derselben steht und unveränderlich fest mit ihr verbunden ist: Achse und Äquatorebene der Erde werden, jene verlängert, diese erweitert bis an den Sternenhimmel zu Himmelsachse und Himmelsäquator. Jede Veränderung der Richtung der Achse muß eine entsprechende Veränderung der Lage des Äquators verursachen. — Die Pole der Ekliptik, der Kreislinie, welche durch allseitige Erweiterung der Erdbahnebene am Himmel gebildet wird, sind die Endpunkte derjenigen Achse, welche in der Mitte der Kreisebene der Ekliptik senkrecht auf derselben steht. Lage der Ekliptik und Richtung ihrer fest mit ihr verbundenen Achse bleiben unverändert: die Erdbahnebene wird als festliegende Grundebene angenommen. Es muß daher auch ihre allseitige Erweiterung bis zu der scheinbar inneren Himmelskugel, woselbst sie sich zu einem Kreis gestaltet, eine unveränderlich feste Lage haben. Die Ekliptikachse und die Äquatorachse haben verschiedene Richtung, es müssen daher die Ebenen des Äquators und der Ekliptik entsprechend den Richtungen ihrer Achsen einander in einer geraden Linie durchschneiden. Diese Durchschnittslinie giebt an dem einen Ende den Frühlingspunkt, an dem anderen den Herbstpunkt. Im Frühlingspunkt senkt sich die Äquatorkreislinie (südwärts gehend) unter die Kreislinie der Ekliptik, oder, was dasselbe ist: im Frühlingspunkt erhebt sich die Ekliptikkreislinie (nordwärts gehend) über die Kreislinie des Äquators. Wenn die Richtung der Äquatorachse sich im Verhältnis zu der Richtung der Ekliptikachse so ändert, daß die Pole derselben in einer Kreislinie fortschreiten, so muß

dieser Fortschreitung entsprechend, die Durchschnittslinie der Ebenen des Äquators und der Ekliptik um den gemeinschaftlichen Mittelpunkt dieser Ebenen in der Kreisebene der Ekliptik sich drehen, wodurch die Endpunkte derselben, der Frühlingspunkt und der Herbstpunkt, im Ekliptikkreise fortschreiten. Wenn nun die Drehungsrichtung der Pole des Äquators rückläufig ist, so muß auch die Fortschreitung des Frühlingspunktes rückläufig sein; oder: wenn die Fortschreitung des Frühlingspunktes rückläufig ist, so muß auch die Drehungsrichtung der Pole des Äquators rückläufig sein.

Wenn man einen kreisförmig gebogenen Draht in einiger Erhöhung über einem Tisch horizontal anbringt und in der Mitte dieses Kreises die Achse eines Erdglobus entsprechend der rückläufigen Wendung der Erdachse dreht, so wird dadurch die Fortschreitung des Durchschnittes der Äquatorebene des Globus in dem die Ekliptik darstellenden Drahtkreise zur Anschauung gebracht.

Wie groß ist die rückläufige Fortschreitung des Frühlingspunktes?

Das Zurückweichen des Frühlingspunktes beträgt durchschnittlich in jedem Jahre $50\frac{1}{4}$ Bogensekunden, so daß derselbe innerhalb 25800 Jahren einen vollständigen Umlauf in dem Ekliptikkreise vollbringt. Dieses jährliche Zurückweichen verändert sich periodisch im Verlaufe der Jahre ein wenig; die Veränderung beträgt nur Bruchteile von Bogensekunden, kann daher hier unbeachtet bleiben. Infolge dieses Zurückweichens rückt der Frühlingspunkt am Himmel in immer andere Sternbilder. Vor 3000 Jahren lag er noch im Sternbilde des Widders, heute ist er bereits ungefähr 30° westwärts gewandert. Von dem Zurückweichen des Frühlingspunktes ist übrigens die Dauer des tropischen Jahres abhängig.

Wie groß ist die Dauer des tropischen Jahres?

Das tropische Jahr umfaßt die Zeit, welche verfließt, bis die Sonne vom Frühlingspunkte ausgehend wieder zu

demselben zurückkehrt. Es ist kürzer als das siderische, weil der Frühlingspunkt in der Erdbahn der Erde in ihrem Laufe entgegenkommt, und zwar ist es um so viel kürzer wie das siderische, als die Sonne gebraucht um den Bogen von $50^1/_4''$ zu durchlaufen. Die Dauer des tropischen Jahres beträgt gegenwärtig 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 45 Sekunden und sie nimmt in jedem Jahrhundert um $0._6$ Sekunden ab, doch wird diese Abnahme mit der Zeit wieder in Zunahme übergehen. Im Jahre 3040 v. Chr. hatte das tropische Jahr die längste Dauer: 365 Tage 5 Stunden 49 Minuten 25 Sekunden. Im Jahre 7600 n. Chr. wird das tropische Jahr die kürzeste Dauer: 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 9 Sekunden, haben und von dieser Zeit sich allmählich bis wieder zu dem Maximum verlängern. — Die Verschiedenheit zwischen dem tropischen und dem siderischen Jahr bewirkt nur Veränderung, welche die Naturzustände auf der Erdoberfläche nicht beeinflußt; hingegen verursachen die Veränderungen in den Verhältnissen zwischen der Zeit der Äquinoctien und der Zeit des Periheldurchganges der Erde Umwandlungen in den Temperaturzuständen auf der Erdoberfläche und den damit zusammenhängenden Vorkommnissen.

Welche Verhältnisse finden zwischen den Zeiten der Äquinoctien und des Periheldurchganges der Erde statt?

Wenn die Erde in ihrer Bahn an demjenigen Orte sich befindet, von welchem aus die Sonne im Frühlingspunkte der Ekliptik erscheint, so beginnt auf der nördlichen Erdhälfte der Verlauf der Jahreszeiten: Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Die Örter der Erde in ihrer Bahn für die Anfänge der Jahreszeiten sind je 90 Grad im Ekliptikkreise von einander entfernt (Fig. 104). Die Erde läuft in ihrer Bahn schneller in der Nähe des Perihels, langsamer in der Nähe des Aphels, durchschreitet daher nach dem jeweiligen Orte ihrer Wanderung in der Bahn in kürzerer oder längerer Zeit die von jeder Jahreszeit umschlossenen 90 Grad. Gegenwärtig ist die Erde, wenn wir Winter haben, in der

Nähe des Perihels und zu der Sommerszeit in der Nähe des Aphels; sie durchwandert daher die 90 Grad unseres Winters schneller, als die 90 Grad unseres Sommers, und es sind daher jetzt die Jahreszeitenlängen folgende: Frühling 92 Tage 22 Stunden, Sommer 93 Tage 14 Stunden, Herbst 89 Tage 17 Stunden, und Winter 89 Tage 1 Stunde. Es treffen nahebei zusammen: Wintersolstitium mit dem Orte der Sonnennähe und Sommersolstitium mit dem Orte der Sonnenferne.

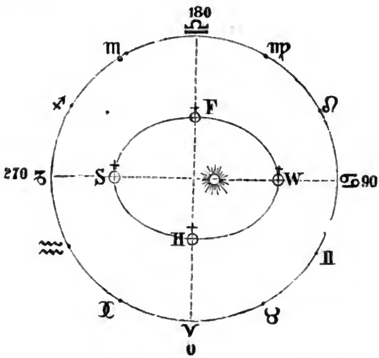


Fig. 104.

Wie verändern sich die Verhältnisse der Solstitien und Apsiden?

Das Zusammentreffen des Winters mit dem Periheldurchgange der Erde und des Sommers mit ihrem Apheldurchgange ist nur in den gegenwärtigen Jahrhunderten vorhanden und wird nach etwa 21000 Jahren wieder vorhanden sein. Das Perihel schreitet in jedem Jahre $11._{46}$ Bogensekunden rechtläufig fort, und der Frühlingspunkt in jedem Jahre $50._{24}$ Bogensekunden rückläufig; es entfernen sich daher diese Örter in jedem Jahre um $61._{70}$ Bogensekunden von einander. Es geschieht aber die Wanderung dieser Örter in einem und demselben Kreise, im Kreise der Ekliptik, folglich kommen sie nach einer mehr als einen Halb-

kreis betragenden Entfernung von einander wieder allmählich näher zu einander durch Fortsetzung der Wanderung, und dieses letztere Verhältnis findet gegenwärtig statt. Die Länge des Perihels beträgt jetzt $100^1/_3$ Grad, und der Ort der Erde in der Bahn hat bei Frühlingsanfang stets 180 Grad Länge. Da nämlich das tropische Jahr, oder Sonnenjahr, stets mit dem scheinbaren Eintritt der Sonne in 0 Grad der Ekliptik beginnt, so muß zu dieser Zeit die Erde thatsächlich in 180 Grad Länge, als in dem gegenüberstehenden Punkt, sich befinden. Es wird nun der Frühlingspunkt als feststehend betrachtet und die Fortschreitung desselben am Sternenhimmel auf die Fortschreitung des Perihels übertragen, die Fortschreitung desselben hinzugerechnet, so daß das Perihel als jährlich $61._{70}$ Bogensekunden zurücklegend angenommen wird. Dies summiert sich in 58 Jahren zu etwa 1 Grad, die Erde gelangt also nach je 58 Jahren um einen Tag später in ihr Perihel. Da nun jetzt die Erde am 1. Januar im Perihel ist, so wird sie nach 4600 Jahren, also um 6500 n. Chr., am 21. März, zu Frühlingsanfang, im Perihel sein. Vor nahebei 600 Jahren, im Jahre 1284 nach Chr., fiel das Perihel genau auf Wintersanfang. Nach etwa 5250 Jahren rückt das Perihel um 90 Grad fort und gelangt nach Verlauf dieser Zeit von dem Anfangspunkt einer Jahreszeit zu dem Anfangspunkt der nächstfolgenden.

Wie verändert sich die Dauer der Jahreszeiten mit der Veränderung der Lage des Perihels in der Ekliptik?

Da die Erde in der Nähe des Perihels schnell, in der Nähe des Aphels langsam fortschreitet, so ergiebt sich für die nördliche Erdhälfte folgendes (Fig. 105):

I. Fällt das Perihel auf Wintersanfang, so haben Herbst und Winter gleiche Dauer, je 89 Tage 12 Stunden und Frühling und Sommer gleiche Dauer von je 93 Tagen 3 Stunden.

II. Fällt das Perihel auf Frühlingsanfang, so haben Winter und Frühling gleiche Dauer, je 89 Tage

12 Stunden, und Sommer und Herbst gleiche Dauer von je 93 Tagen 3 Stunden.

III. Fällt das Perihel auf Sommersanfang, so haben Frühling und Sommer gleiche Dauer, je 89 Tage 12 Stunden, und Herbst und Winter bei gleicher Dauer je 93 Tage 3 Stunden.

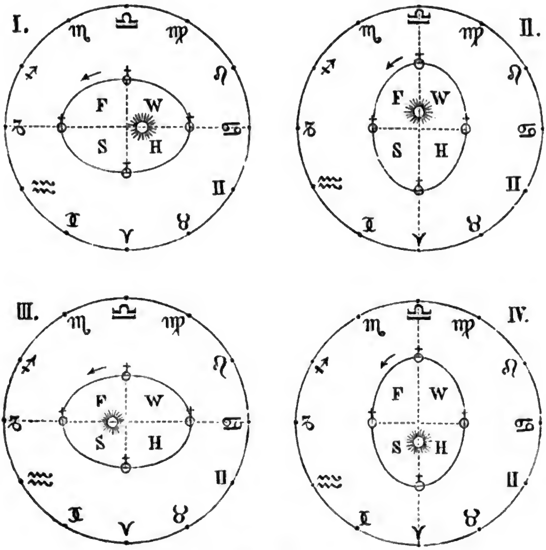


Fig. 105.

IV. Fällt das Perihel auf Herbstesanfang, so haben Sommer und Herbst gleiche Dauer, je 89 Tage 12 Stunden, und Winter und Frühling bei gleicher Dauer je 93 Tage 3 Stunden.

Auf der nördlichen Erdhälfte ist:

am kürzesten die Dauer des Winters und am längsten die Dauer des Sommers, wenn die Erde in den ersten Tagen

des Monats Februar, um den 5. Februar, an den Ort des Perihels gelangt;

am kürzesten die Dauer des Sommers und am längsten die Dauer des Winters, wenn die Erde in den ersten Tagen des Monats August, um den 5. August, an dem Orte des Perihels ankommt.

Ebenfalls auf der nördlichen Erdhälfte waren:

Wintersanfang	im Perihel	. .	um	19750	v.	Chr.
Frühlingsanfang	„	„ . .	„	14500	„	„
Sommersanfang	„	„ . .	„	9250	„	„
Herbstanfang	„	„ . .	„	4000	„	„
Die kürzeste Dauer des Winters			„	18000	„	„
Die kürzeste Dauer des Sommers			„	7500	„	„

Wie werden die Temperaturzustände auf der Erdoberfläche von den verschiedenen Kombinationen der Apsiden mit den Solstitien und Äquinoctien beeinflußt?

Die Apsiden, Sonnennähe und Sonnenferne, ermöglichen durch ihre Zusammenstellung mit den Solstitien (Sommersanfang und Wintersanfang) und mit den Äquinoctien (Frühlingsanfang und Herbstanfang) vier verschiedene Kombinationen, von welchen aber nur die Kombinationen der Apsiden mit den Solstitien, als Extreme in sich enthaltend, vornehmlich in Betracht zu ziehen sind.

Abgesehen von Vorgängen in der Sonne selbst, durch welche zeitweilig vielleicht eine größere oder kleinere Menge Wärme ausgestrahlt wird, erhält die Erde im Mittel durch Sonnenbestrahlung im Verlaufe des Jahres stets die gleiche Summe von Wärme. Diese der Erde zukommende Sonnenwärme ist ungleichmäßig auf die Erdoberfläche verteilt, und es findet auch in dieser Verteilung eine periodisch wiederkehrende Verschiedenheit statt. Eine solche Periode enthält die Jahresdauer selbst in der allmählich wechselnden Zu- und Abwendung des Nordpols oder Südpols in Bezug auf den Ort der Sonne, wodurch der nördlichen oder südlichen Erdhälfte (abwechselnd) der größere Teil der von der

Sonne auf die Erde gestrahlten Wärme zufließt. Eine andere Periode liegt im Laufe des Perihels der Erde durch die Örter, in welchen die Erde zu den verschiedenen Jahreszeitenanfängen steht, indem mit den Jahreszeiten die Temperaturzustände in Verbindung sind, welche durch Zusammentreffen mit Sonnennähe oder Sonnenferne eine Verstärkung oder eine Abschwächung erhalten können. Wie bei der Bestimmung der Dauer der Jahreszeiten, so sind auch hier bei der Bestimmung der Temperaturen die verschiedenen Kombinationen in Erwägung zu ziehen:

Perihel	im	Winter	und Aphel	im	Sommer
„	„	Frühling	„ „	„	Herbst
„	„	Sommer	„ „	„	Winter
„	„	Herbst	„ „	„	Frühling.

In Bezug auf die nördliche Erdhälfte finden diese Kombinationen in der aufgestellten Reihenfolge zu den Zeiten: um 1250, um 6500, um 11750, und um 17000 statt. Zur Bestimmung der Zeiten des Vorhandenseins dieser Kombinationen für die südliche Erdhälfte hat man dessen eingedenk zu sein, daß stets gleichzeitig sind: Winter auf der einen und Sommer auf der andern, ferner Frühling auf der einen und Herbst auf der andern der beiden Erdhälften.

Es steht nun die Wirkung der Sonnenstrahlen im allgemeinen in der Sonnenferne zu der Wirkung derselben in der Sonnennähe, unter übrigens gleichen Bedingungen, im Verhältnisse von $37_{\cdot 77}$ zu $40_{\cdot 48}$. Daher empfangen ungefähr $37\,^3/_4$ Tage in der Sonnennähe dieselbe Wärmemenge wie $40\,^1/_2$ Tage in der Sonnenferne. Da nun die Erde in der Sonnennähe schneller fortschreitet als in der Sonnenferne, so sind bei dem Laufe der Erde stärkere oder schwächere Wirkung der Sonnenstrahlen und kürzere oder längere Dauer der Bestrahlung in Betracht zu ziehen.

Die Zusammenstellungen von Perihel und Aphel mit Winter und Sommer ergeben folgendes:

1) Perihel im Winter verursacht Ermäßigung der Winterkälte, da die nähere Sonne kräftiger wirkt und die Winterszeit (um einige Tage) kürzer ist.

2) Perihel im Sommer erhöht zwar die Wirkung der Sonnenstrahlen, verkürzt aber die Dauer der Sommerszeit.

3) Aphel im Sommer vermindert zwar die Wirkung der Sonnenstrahlen, verlängert aber die Dauer der Sommerszeit, die Dauer der Wärmezuströmung.

4) Aphel im Winter verringert die Wirkung der Sonnenstrahlen und verursacht zugleich längere Dauer der Winterszeit.

Wie gestalten sich auf der Erdoberfläche die Wirkungen der Sonnennähe und Sonnenferne im Verlaufe der Zeit?

Da gegenwärtig die erste und dritte dieser hier oben aufgestellten vier Kombinationen auf der nördlichen, die zweite und vierte auf der südlichen Erdhälfte statthaben, so ist auf der nördlichen Erdhälfte in jeder Beziehung eine Ermäßigung vorhanden, während auf der südlichen Erdhälfte zwar der Sommer im allgemeinen durch kürzere Dauer eine ermäßigte Wärmemenge erhält, hingegen der Winter durch verminderte Wirkung der Sonnenstrahlen und längere Dauer im allgemeinen kälter sein muß, als auf der nördlichen Erdhälfte. Der Unterschied in der Intensität der Sonnenstrahlung am 1. Januar (dem Perihel) und am 3. Juli (dem Aphel) beträgt nahezu $^1/_{15}$ der gesamten Strahlung. Die Erhitzung des Bodens in Australien ist zur dortigen Sommerszeit (in unserem Januar) größer als unter gleicher geographischer Breite im Sommer der nördlichen Erdhälfte. Die mittlere Sommerwärme der südlichen Erdhälfte ist aber aus anderen Gründen geringer als die der nördlichen.

Vor 11000 Jahren war auf der nördlichen Erdhälfte Sommersolstitium mit Sonnennähe, und Wintersolstitium mit Sonnenferne verbunden. Es mußte daher zu jener Zeit die Temperatur im allgemeinen niedriger auf der nördlichen als auf der südlichen Erdhälfte sein. Hierbei ist noch zu

erwägen, was bereits ausführlich besprochen wurde, daß die Schiefe der Ekliptik einer periodischen Veränderung unterworfen ist. Die Vergrößerung des Winkels der Schiefe der Ekliptik verursacht einen größeren Unterschied in den Temperaturzuständen der Jahreszeiten; die Verkleinerung desselben hingegen bewirkt einen Fortschritt zu Gleichmäßigkeit in dieser Beziehung. Wenn nun auch die Grenzen dieser Winkelgrößen nicht sehr fern von einander liegen, so müssen doch Veränderungen entstehen, welche durch Wiederholung in langer Zeitdauer deutlich bemerkbar werden. Vor 11000 Jahren, als auf der nördlichen Erdhälfte Sommer und Sonnennähe, und Winter mit Sonnenferne zusammentraf, war der Winkel der Schiefe der Ekliptik gegen $1\frac{1}{2}$ Grad größer, als derselbe gegenwärtig ist; er betrug gegen 25 Grad. Es mußten daher die Gegensätze der Jahreszeiten Sommer und Winter damals stärker hervortreten, wodurch die Wintertemperatur auf der nördlichen Erdhälfte noch mehr erniedrigt wurde.

In diesen Erörterungen ist nur die Wirkung der Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche im allgemeinen, es sind nicht einzelne Orte oder Gegenden, welche verschiedenen lokalen Einflüssen unterworfen sein können, in Erwägung gezogen worden.

Wie sind die Wirkungen der Sonnennähe in einzelnen Gegenden der Erdhälften?

Um die Wirkung der Sonnenstrahlung im Sommer an einzelnen Örtern der südlichen Erdhälfte mit dieser Wirkung an einzelnen Örtern der nördlichen Erdhälfte richtig zu vergleichen, muß man auf beiden Erdhälften Örter von gleicher geographischer Breite, gleicher Höhe, gleicher Entfernung vom Meere und gleicher Bodenbedeckung wählen, da sowohl die Richtung der Sonnenstrahlen als auch die atmosphärische Luft die Wirkung derselben beeinflussen. Wenn nun auch durch derartige Untersuchungen sich herausstellen muß, daß an den Orten der südlichen Hemisphäre unter übrigens gleichen Bedingungen im Sommer (wegen größerer Sonnen-

nähe) die Summe der Tageswärme größer ist, als an den Orten der nördlichen Hemisphäre, so wird doch dadurch gegenwärtig eine Ausgleichung herbeigeführt, daß Frühling und Sommer auf der nördlichen Erdhälfte zusammen um nahebei acht Tage länger sind, als Frühling und Sommer zusammen auf der südlichen Erdhälfte. Der scheinbare Lauf der Sonne, entsprechend dem wirklichen Laufe der Erde, währt gegen acht Tage länger in der Strecke von dem Himmelszeichen des Widders (durch Krebs) bis zu dem Zeichen der Wage, als in der Strecke von dem Zeichen der Wage (durch Steinbock) bis zu dem Zeichen des Widders.

Welcher Unterschied ist zwischen den Sternbildern und den gleichbenannten Himmelszeichen?

Die Namen der Sternbilder sind Benennungen für je eine Anzahl Sterne, welche als zusammengehörig einen abgegrenzten Bereich bildend betrachtet werden. Diese Bereiche haben nach Länge und Breite verschiedene Größen. Die Himmelszeichen sind Maße für Bögen im Ekliptikkreise, und jedes Himmelszeichen enthält 30 Grade, so daß zwölf Himmelszeichen die 360 Grade des Umkreises der Ekliptik in sich fassen. Diese zwölf Abteilungen im Ekliptikkreise werden durch römische Ziffern oder durch Bilder bezeichnet, und es sind die Himmelszeichen in der Reihenfolge:

I,	erstes	Zeichen	♈, Widder	0	bis	30	Grad
II,	zweites	"	♉, Stier	30	"	60	"
III,	drittes	"	♊, Zwillinge	60	"	90	"
IV,	viertes	"	♋, Krebs	90	"	120	"
V,	fünftes	"	♌, Löwe	120	"	150	"
VI,	sechstes	"	♍, Jungfrau	150	"	180	"
VII,	siebentes	"	♎, Wage	180	"	210	"
VIII,	achtes	"	♏, Skorpion	210	"	240	"
IX,	neuntes	"	♐, Schütze	240	"	270	"
X,	zehntes	"	♑, Steinbock	270	"	300	"
XI,	elftes	"	♒, Wassermann	300	"	330	"
XII,	zwölftes	"	♓, Fische	330	"	360	"

Die Sternbilder, von welchen die Himmelszeichen ihre Namen erhalten haben, nehmen bei ihren verschiedenen Ausdehnungen nach Länge in dem Ekliptikkreise etwa folgende Räume ein:

Widder	25	bis	45 Gr.	Wage	215	bis	230 Gr.
Stier	45	„	90 „	Skorpion	230	„	265 „
Zwillinge	90	„	115 „	Schütze	265	„	300 „
Krebs	115	„	135 „	Steinbock	300	„	325 „
Löwe	135	„	170 „	Wassermann	325	„	350 „
Jungfrau	170	„	215 „	Fische	350	„	25 „

Die Abgrenzungen sind nicht scharf, da die Sternbilder in betreff der Längen in verschiedenen Breiten teilweise über einander reichen.

Wodurch ist die Verschiedenheit zwischen den Örtern der Sternbilder und der gleichbenannten Himmelszeichen entstanden?

Vor etwa 2000 Jahren stimmten die Örter der Sternbilder mit den Örtern der gleichbenannten Himmelszeichen überein. Der Anfang des Sonnenjahres, welches nach seiner Zeitdauer dem tropischen Jahre gleich ist, die Zeit des scheinbaren Ortes der Sonne im Himmelsäquator bei ihrem Aufsteigen von Süden nach Norden, der dadurch bestimmte Frühlingspunkt, derjenige Punkt, welcher noch gegenwärtig mit 0° ♈ (Null Grad Widder) bezeichnet wird, war damals thatsächlich im Sternbilde des Widders. Die Sonne erschien damals bei Beginn des Frühlings im Sternbilde des Widders, bei Beginn des Sommers im Sternbilde des Krebses, bei Beginn des Herbstes im Sternbilde der Wage und bei Beginn des Winters im Sternbilde des Steinbocks. Es wurde daher Eintritt in diese Sternbilder und bezüglich Anfang der Jahreszeiten für gleichbedeutend angenommen, und diese Annahme ist unverändert beibehalten worden, obgleich eine bedeutende Veränderung entstanden ist, so daß gegenwärtig die Sonne bei Beginn des Frühlings in dem Sternbilde der Fische, des Sommers im Sternbilde der

Zwillinge, des Herbstes im Sternbilde der Jungfrau und des Winters im Sternbilde des Schützen steht. Diese Veränderung ist eine Folge des Zurückweichens des Frühlingspunktes im Ekliptikkreise, welches, wie bereits erwähnt wurde, jährlich $50{\cdot}_{24}$ Bogensekunden beträgt. In $71\,^2/_3$ Jahren erreicht dieses Zurückweichen 1 Grad, in 2150 Jahren 30 Grad oder die Größe eines Zeichens, und in 25 800 Jahren einen vollständigen Umlauf in der Ekliptik. Nach je 2150 Jahren entfernt sich daher jedes Himmelszeichen um ein Zeichen mehr von dem gleichbenannten Sternbild, und zwar rückwärtsschreitend, so daß im Jahre 4000 n. Chr. der Frühlingspunkt (Widderpunkt) im Sternbilde Wassermann, um 6000 n. Chr. im Sternbilde Steinbock u. s. w. sein wird, bis derselbe nach und nach den ganzen Zodiakus (Tierkreis) durchwandert hat. Die Dauer dieses vollständigen Umlaufes des Widderpunktes im Ekliptikkreise nennt man „das große Jahr“ oder „das Platonische Jahr“. Diese Veränderung erstreckt sich aber nicht allein auf die Sternbilder des Tierkreises, sondern auch die Örter der anderen Sternbilder und die Örter der einzelnen Sterne werden davon beeinflußt.

Welchen Einfluß hat das Zurückweichen der Nachtgleichen auf die Fixsternörter?

Die Örter der Fixsterne werden entweder durch die Coordinaten des Äquators, Rektascension und Deklination, oder durch die Coordinaten der Ekliptik, Länge und Breite, angegeben. Die Abmessung sowohl der Rektaseension als auch der Länge beginnt im Nachtgleichenpunkte des Frühlings, im Widderpunkte, und geschieht in der Folge der Zeichen (Widder, Stier, Zwillinge u. s. w.) bei der Rektascension von Null bis 24 Stunden, bei der Länge von Null bis 360 Grad. Da nun aber der Frühlingspunkt zurückweicht, die Fixsterne hingegen an ihren Örtern verbleiben (die geringe Eigenbewegung einzelner Fixsterne wird hier unbeachtet gelassen), so müssen Rektascension und Länge

unaufhörlich sich vergrößern; auch muß die Deklination sich stets ändern, die Breite der Fixsterne jedoch bleibt unverändert, weil die Lage des Ekliptikkreises und der Pole desselben sich nicht verändert und mithin auch der Abstand der feststehenden Sterne von dem Ekliptikkreise nach dem Pole hin keiner Veränderung unterworfen ist. Die Länge der Fixsterne vergrößert sich in jedem Jahre um $50._{24}$ Bogensekunden, die Sterne gehen gleichsam vorwärts jährlich um diese Strecke in der Ekliptik, daher ist die Bezeichnung „Voreilen der Fixsterne“ oder „Allgemeine Präcession der Fixsterne“ der Erscheinung entsprechend. Bezüglich der Veränderung der Deklination ist zu bemerken, daß durch Fortrückung des Äquatordurchschnittes in der Ekliptik die südliche Deklination eines Sternes sich in nördliche verwandeln kann und umgekehrt, wodurch im Verlaufe der Zeit der gestirnte Himmel für einen und denselben Beobachtungsort einen allmählich veränderten Anblick gewährt. In Fig. 106 ist die Fortrückung des Frühlingspunktes von ♈ zu $♈_1$ dargestellt. Der Fixstern F stand unter dem Äquator, A Q, hatte südliche Deklination. Durch diese Fortrückung ist er über den Äquator, A_1 Q_1, gekommen, hat nun nördliche Deklination. In Bezug auf die Entfernung von der Ekliptik (Breite) bleibt der Stern unverändert an seiner Stelle; aber Rektascension und Länge verändern sich.

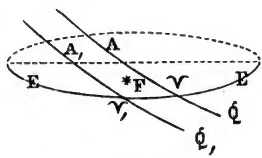


Fig. 106.

In welcher Weise erscheint der gestirnte Himmel durch Fortrückung der Nachtgleichen allmählich verändert?

Die Lage des Himmelsäquators bleibt für den Horizont eines jeden Beobachtungsortes auf der Erdoberfläche unverändert. Die Deklination, die Größe der Entfernung eines Sternes vom Himmelsäquator in der Richtung nach dem Nordpol oder nach dem Südpol hin, bestimmt die

Sichtbarkeit oder Nichtsichtbarkeit dieses Sternes über diesem Horizont. An irgend einem Ort auf unserer Erdhälfte, dessen geographische Breite z. B. 51 Grad beträgt, ist die Höhe des Poles 51 Grad und die Höhe des Himmelsäquators 39 Grad. Alle Fixsterne, deren nördliche Deklination größer als 39 Grad ist, werden also hier nie untergehen. Alle Fixsterne mit südlicher Deklination größer als 39 Grad, werden sich hier nie über den Horizont erheben. Da nun aber Sterne durch Fortrückung der Nachtgleichen von südlicher zu nördlicher Deklination übergehen, so werden andere Sterne durch den gleichen Vorgang ihre südliche Deklination verkleinern. Standen dieselben etwa in 41 Grad südlicher Deklination, so werden sie allmählich zu der Deklination 40 Grad, 39 Grad, 38 Grad ꝛc. sich erheben und dadurch über den hier beispielsweise angenommenen Horizont aufsteigen und sichtbar werden. Da Sterne durch Veränderung der Stellung der Erdachse ihre südliche Deklination verkleinern, oder ihre nördliche Deklination vergrößern, so müssen diejenigen Sterne, welche von jenen um 180 Grad Länge entfernt sind, ihre südliche Deklination vergrößern, oder ihre nördliche Deklination verkleinern, wodurch gegenwärtig über dem Horizonte erscheinende Sterne sich in solche verwandeln können, welche sich nicht über den Horizont erheben. Die Größe der Veränderung der Deklination ist von der Größe der Schiefe der Ekliptik abhängig, welche im Mittel etwa 24 Grad beträgt. Es werden Sterne, welche zu irgend einer Zeit 24 Grad nordwärts von dem Himmelsäquator erscheinen, 13000 Jahre später 24 Grad südwärts von demselben erblickt werden, und Sterne, welche zu irgend einer Zeit 24 Grad südwärts von dem Himmelsäquator stehen, werden 13000 Jahre später 24 Grad nordwärts von demselben ihre Stellung haben. Auf diese Weise werden Teile von Sternbildern oder auch vollständige Sternbilder im Verlaufe der Zeiten in einem Horizonte sichtbar, in welchem sie vorher nicht gesehen wurden, und andere Sternbilder oder Teile derselben, welche gegenwärtig

in diesem Horizonte erblickt werden, steigen in späteren Zeiten nicht mehr über demselben auf.

Man kann sich diesen Vorgang leicht vergegenwärtigen, wenn man sich die innere gestirnte Hohlkugel des Himmels durch die erweiterte Erdbahn in die obere (nördliche) und untere (südliche) Hälfte geteilt vorstellt, so daß man in der Grenzlinie (Ekliptik) zwischen nördlichem und südlichem Himmel die Sternbilder des Tierkreises, über derselben die nördlichen und unter derselben die südlichen Sternbilder erhält. In der oberen inneren Hohlkugelfläche steht in der

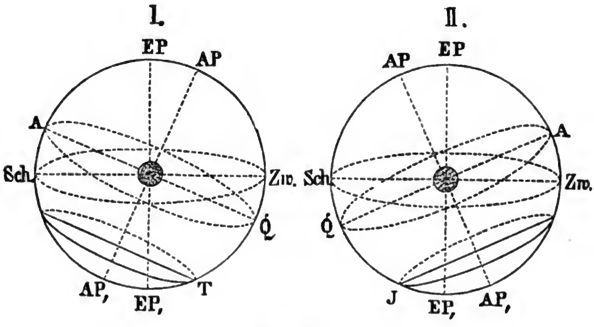


Fig. 107.

Mitte der Nordpol der Ekliptik, um welchen der Nordpol der verlängerten Erdachse, gegen 24 Grad (im Mittel) von ihm entfernt, rückläufig wandert. Auf derjenigen Seite des Himmels nun, wo von dem Nordpol der Ekliptik aus jeweilig der Nordpol der verlängerten Erdachse sich befindet, reicht jeweilig der Blick des auf der nördlichen Erdhälfte befindlichen Beobachters am tiefsten, hingegen auf der entgegengesetzten Seite am wenigsten tief hinab in den südlichen Himmel. Gegenwärtig geht die Richtung vom Pole der Ekliptik EP zu dem Pol der Erdachse AP aus dem Kopfe des Drachen durch den Schwanz des Kleinen Bären zu den

Zwillingen (Fig. 107 I. Zw.) und hier reicht der Blick (unter 51° geographischer Breite) bis in das Sternbild der Taube T. Auf der dieser Richtung entgegengesetzten Seite, wo man nahebei vom Ekliptikpole aus durch die Leyer zu dem Schützen (Fig. 107 I. Sch.) gelangt, reicht der Blick gegenwärtig am wenigsten tief hinab in den südlichen Himmel. Nach etwa 13000 Jahren aber, zu welcher Zeit der Nordpol AP des Äquators AQ rückschreitend die in Fig. 107 II. angedeutete Stellung haben wird, reicht bei dem Schützen der Blick sehr tief hinab in den südlichen Himmel, bis zu dem Pfau und Indianer, J, und auf der Seite, nach dem Kleinen Bären und den Zwillingen hin, gelangt derselbe dann nicht mehr bis zu dem Großen Hund, Hasen und Orion. Das tiefste Hinabblicken in den südlichen Himmel schreitet fort mit dem Gange des Nordpoles zu den Sternbildern unter den Zwillingen, Stier, Widder, Fische rc., und das am wenigsten tiefe rückt fort von dem Schützen zu Skorpion, Wage, Jungfrau rc.

Nach je etwa 2100 Jahren ist diese Veränderung der Sichtbarkeit südlicher Sternbilder um je ein Sternbild des Tierkreises in der Ekliptik zurückgewichen. Es werden in 51° geographischer nördlicher Breite im Verlauf der Zeit sichtbar werden: der Centaur, das Südliche Kreuz, der Altar, der Pfau, der Indianer, der Paradiesvogel, der Kranich, der Phönix, aber nicht mehr über den Horizont werden gelangen: der Rabe, der Becher, die Taube, der Hase, die Wasserschlange, der Große Hund, Orion, der Kleine Hund, der Walfisch und der Südliche Fisch. Wie bereits bemerkt wurde, erfolgt diese Veränderung periodisch, und zwar innerhalb des Zeitraums, welcher 25800 Jahre umfaßt und das Große oder Platonische Jahr genannt wird.

Welchen Einfluß hat das Zurückweichen des Frühlingspunktes auf die Bestimmung der Lage der Bahnen und auf die Dauer der Umlaufszeiten der Planeten, der Kometen und des Mondes?

Die Bahnen der Planeten haben eigentümliche rückläufige Bewegung der Knoten und, mit Ausnahme der

Venus, rechtläufige Bewegung des Perihels. Diese Ortsveränderungen betragen jährlich nur Bogensekunden, und wenn dieselben auf die feststehenden Sterne bezogen werden, so heißen sie „siderische“ und bei Bezugnahme auf den zurückweichenden Frühlingspunkt der Erde „tropische“ Änderungen. In ähnlicher Weise wird die Umlaufszeit „siderisch“ oder „tropisch“ bestimmt. Die tropische Umlaufszeit ist kürzer als die siderische, da der Frühlingspunkt dem rechtläufig wandernden Planeten durch seine rückläufige Fortbewegung entgegenkommt.

Die jährlichen tropischen Änderungen in den Längen der Knoten und der Perihele, und die tropischen Verkürzungen der Umlaufszeiten bei den größeren Planeten sind folgende:

Planet.	Jährl. Änderung d. Länge des Knotens	des Perihels	Der tropische Umlauf kürzer als der siderische um							
Merkur	+ 43″	+ 56″	0	Tag	0	St.	1	Min.	11	Sek.
Venus	+ 33	+ 49	0	„	0	„	7	„	42	„
Mars	+ 28	+ 66	0	„	1	„	11	„	54	„
Jupiter	+ 39	+ 57	1	„	23	„	47	„	57	„
Saturn	+ 31	+ 67	12	„	6	„	46	„	22	„
Uranus	+ 19	+ 53	99	„	21	„	53	„	31	„
Neptun	+ 40	+ 51	381	„	2	„	24	„		

Bei der Bestimmung der jährlichen Veränderung der Länge des Knotens und des Perihels, und bei der Angabe des Unterschiedes zwischen siderischem und tropischem Jahr sind $50._{242}$ Bogensekunden als Größe des jährlichen Zurückweichens des Frühlingspunktes der Erde in Rechnung gebracht worden.

Die periodischen Kometen sind in ihrem Laufe infolge ihrer Beschaffenheit größeren Störungen unterworfen als die Planeten, und es lassen sich die Umläufe derselben nicht mit der Schärfe bestimmen, wie dies bei den Planeten geschieht, so daß verhältnismäßig geringe Unterschiede bei

den allgemeineren Angaben nicht erwähnt werden. In Bezug auf Bahnlage und Umlaufszeit des Mondes sind die Unterschiede zwischen siderischer und tropischer Abgrenzung anzugeben. Die tropische Umlaufszeit des Mondes ist um 7 Sekunden kürzer als die siderische. Der Umlauf des Perigäums (Mondnähe) währt in Betracht des Frühlingspunktes 1 Tag 2 Stunden 2 Min. weniger, als in Betracht eines Fixsternes. Der Umlauf des aufsteigenden Knotens der Mondbahn erfordert bei Abgrenzung durch den Nachtgleichenpunkt 4 Tage 21 Stunden 8 Minuten mehr Zeit, als bei Abgrenzung durch einen Fixstern. Eine Verlängerung der Dauer tritt im letztgenannten Fall dadurch ein, daß der aufsteigende Knoten der Mondbahn ebenfalls rückläufig ist, wie die Nachtgleichen rückläufig sind.

Wodurch wird die Zurückweichung der Nachtgleichen verursacht?

Die Erde ist nicht vollkommen kugelförmig, sondern an den Polen abgeplattet und in der Richtung des Äquators von einer Erhöhung der Erdmasse umgeben. Die Sonne wirkt daher in ihrer Attraktion bei der Rotation der Erde stärker auf die Äquatorzone als auf die übrigen Teile der Erdoberfläche. Da nun die Sonne bis $23^1/_2$ Grad von einer gerade auf den Äquator wirkenden Richtung abweicht, so zieht dieselbe, bei der in schiefer Richtung auf die Äquatorgegend gehenden Einwirkung, jeden Punkt des Äquators bei jeder Rotation ein wenig früher, als es ohne diese Einwirkung geschehen würde, zu dem Vorgange, die Ekliptik zu durchschneiden, an die Ekliptik heran, so daß das Durchschneiden erfolgt, bevor der Ort erreicht ist, welcher erreicht werden müßte, wenn dieses Heranziehen nicht stattfände. Die Durchschnittspunkte bleiben im Verhältnis zu dem Fortschreiten der Erde in der Bahn täglich um etwa $^1/_7$ Bogensekunde hinter diesem Fortschreiten zurück. Diese Durchschnittspunkte, die Nachtgleichenpunkte, haben daher rückläufige Bewegung, eine Bewegung gegen die Folge der Zeichen.

Die durch die Einwirkung der Sonne bewirkte Zurückweichung heißt „Solarpräcession“; es findet nun aber auch eine Einwirkung des Mondes in ähnlicher Weise statt, welche Lunarpräcession genannt ist, und beide zusammen verursachen die soeben erörterte Zurückschreitung um $50._{24}$ Sekunden jährlich.

Neunter Abschnitt.

Die Nutation.

Neben der Mitwirkung des Mondes auf die rückläufige Bewegung des Frühlingspunktes in der Ekliptik, womit der Umlauf der Äquatorpole um die Ekliptikpole in notwendiger Verbindung ist, hat derselbe noch eine besondere Einwirkung, welche als eine Störung in der gleichmäßigen Fortschreitung des Frühlingspunktes, als eine Störung in dem Verbleiben der Äquatorpole in genau kreisförmiger Bahn bei ihrem Umlaufe, erscheint.

Worin besteht die durch den Mond verursachte Störung in dem Gange der Präcession?

Die Störung in dem Gange der Präcession besteht in einem geringen Schwanken der Äquatorebene und damit notwendig verbundenen Wanken der Erdachse, in einem periodisch wiederkehrenden abwechselnd langsamer und schneller erfolgenden Fortschreiten des Frühlingspunktes und damit verbundenen abwechselnd langsameren und schnelleren Fortschreiten der Pole in dem Präcessionskreise. Könnte man diese Störungsbewegung abgesondert von der Präcessionsbewegung betrachten, so würden die Pole kleine Ellipsen zu beschreiben scheinen, deren große Achse 19 Sekunden beträgt. Man nennt diese Störung Nutation.

Was bezeichnet das Wort „Nutation"?

Nutation heißt Schwanken oder Wanken, und es bezieht sich diese Benennung auf die pendelartige Bewegung der Erdachse, wobei ein Hin- und Hergang in 18 Jahren 218 Tagen 21 Stunden (in 18 3/5 Jahren) vollendet wird.

Wodurch wird die Nutation verursacht?

Es ist bereits erwähnt worden, daß der aufsteigende Knoten der Mondbahn in je 18 3/5 Jahren einen Umlauf in der Ekliptik vollendet, und es wurde darauf hingewiesen, daß mit diesem Vorgange periodisch größere Entfernung des Mondes von dem Himmelsäquator und größere Annäherung desselben an diesen verbunden sei. Wenn der aufsteigende Knoten der Mondbahn in dem Frühlingspunkt ist, entfernt sich der Mond bis 28 1/2 Grad von dem Äquator, und wenn der aufsteigende Knoten im Herbstpunkt ist, entfernt sich der Mond von dem Äquator nur bis 18 1/2 Grad. Indem nun der Mond, wie die Sonne, in verstärktem Maße auf die in der Richtung des Äquators angehäufte Erdmasse wirkt, geschieht dies energischer zu der Veränderung der Stellung der Äquatorebene, wenn der Mond weiter nach dem Pole hin von dem Äquator entfernt ist, da in diesem Falle die Richtung der Anziehung sich mehr einer zu der Äquatorebene senkrechten Richtung nähert, als in dem anderen Falle, wo der Mond nicht so hoch oder tief von dem Äquator entfernt steht. Dieses mehr oder weniger energisch erfolgende Wirken des Mondes auf die wulstartige Erhöhung in der Äquatorzone der Erde stört die Gleichmäßigkeit in der rückläufigen Bewegung des Frühlingspunktes, verursacht ein rascheres oder langsameres Fortschreiten, und zugleich eine größere oder geringere Abweichung der Äquatorebene von einer mittleren Lage.

In welcher Weise beeinflußt die Nutation die Vorkommnisse auf der Erde oder die Erscheinungen am Himmel?

Bemerkbare Einwirkung der Nutation auf Vorkommnisse an der Erdoberfläche findet nicht statt und der Einfluß

derselben auf Erscheinungen am Himmel ist so gering, daß nur erst in neuerer Zeit durch vervollkommnete Meßapparate der Fernrohre dieselben erkannt werden konnten. Die Winkelgrößen, welche bei der Nutation in Betracht kommen, sind sehr klein, und nach je $18^{3}/_{5}$ Jahren findet in der Summe der Vorgänge eine Ausgleichung statt.

Seit welcher Zeit ist die Nutation bekannt?

Während die Präcession schon von Hipparch von Nicäa um 130 v. Chr. wahrgenommen wurde, indem derselbe bemerkte, daß die Längen der Sterne in Bezug auf den Frühlingspunkt um 2 Grad größer waren, als Timocharis, um 300 v. Chr., sie angegeben hatte: ist die Nutation erst im 18. Jahrhundert n. Chr. entdeckt worden.

Wer hat die Nutation entdeckt?

Schon Flamstead war durch Newtons Attraktionstheorie in Betracht der Abplattung der Erde auf den Gedanken einer Schwankung der Erdachse geführt worden, und Römer (1692) hatte Beobachtungen gemacht, welche ihn ein Schwanken der Erdachse vermuten ließen, aber erst Bradley hat das Vorhandensein der Nutation sicher nachgewiesen. Unverändertes Gleichbleiben der Breite und periodische Veränderungen in Länge, sowie auch in Rektascension und Deklination, zeigten sich ihm bei seinen Beobachtungen der Fixsterne, und da er diese Erscheinungen auf Mondeinfluß zurückführte, so beobachtete er während eines Umlaufs des aufsteigenden Knotens der Mondbahn systematisch die Veränderungen der Sternörter. Er begann die Nachforschung 1727, zu welcher Zeit der aufsteigende Knoten der Mondbahn im Frühlingspunkt war, mithin die Mondbahnlage am weitesten von der Äquatorlage abwich, und setzte dieselbe fort bis 1746, so daß die verschiedenen Lagen der Mondbahn im Verhältnis zu der Lage der Äquatorebene in der Reihenfolge verliefen. Die Ergebnisse der Beobachtungen erwiesen in einer vollständigen Periode die Nutation als Modifikation der Präcession. Er teilte seine Entdeckung den Mitgliedern

der Pariser Akademie mit, und es wurde nun allgemein von den Astronomen angenommen, daß während der Umlaufsperiode der Mondknoten die Erdpole kleine Kreise, von 18 Sekunden Durchmesser, beschreiben. In späterer Zeit wurde ermittelt, daß diese Fortbewegung der Pole der Erde in einer elliptischen Form geschehe. Man kann sich eine

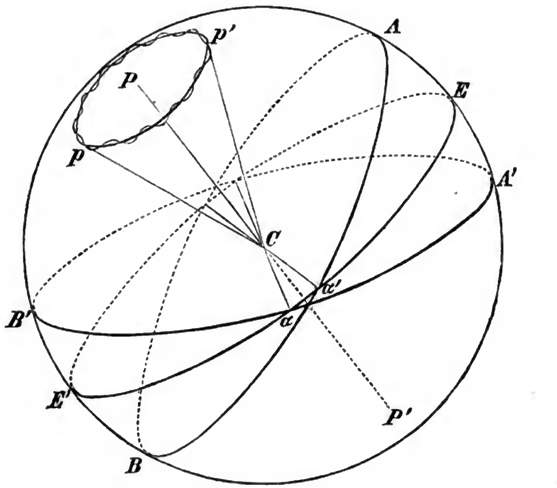


Fig. 108.

Vorstellung von dem Vorgange bilden, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Pole des Erdäquators je in dem Umfang einer Ellipse, deren große Achse 19 Sekunden und kleine Achse 14 Sekunden beträgt, in $18^3/_5$ Jahren herumgehen, während der Mittelpunkt dieser Ellipsen sich je um einen Pol der Ekliptik rückläufig fortbewegt und zwar in einer kreisförmigen Bahn jährlich $50._{242}$ Sekunden, in $18^3/_5$ Jahren eine Strecke von 15 Minuten 35 Sekunden

zurücklegend. Wie der um die Erde laufende Mond in seinem Laufe um die fortschreitende Erde eine Schlangenlinie beschreibt, so geschieht dies auch von den Erdpolen, welche um einen im Präcessionskreise fortschreitend gedachten Punkt ihren elliptischen Nutationsumlauf haben.

Fig. 108 zeigt die Bewegung des Pols des Äquators um den Pol der Ekliptik infolge der Präcession und Nutation. Die Lage des Äquators A B ist für eine gewisse Zeit gegeben, dann ist A′ B′ diese Lage für eine um 13000 Jahre verschiedene Zeit; E E′ giebt die Lage der Ekliptik und P bezeichnet den Pol der letztern. Die Bahn des Pols des Äquators ist durch den Kreis p p′ gegeben, der infolge der Präcession beschrieben wird und die Schlangenlinie auf diesem Kreise bezeichnet in vergrößertem Maßstabe die durch die Nutation bewirkte Bewegung des Pols.

Zehnter Abschnitt.

Die Erdgloben.

Der Erdglobus, die künstliche Erdkugel, ist eine Nachbildung der Erdoberfläche zu Veranschaulichung der Abgrenzung von Festland und Wasserflächen, der Lage der Erdteile, Länder und Ortschaften, des Zuges der Gebirge, des Laufes der Flüsse u. s. w. Er ist in Anordnung, Ausrüstung und Einrichtung zu Benutzung im allgemeinen so einfach und anschaulich, daß eine spezielle Beschreibung desselben und des Gestelles, in welches er drehbar eingelegt ist, nicht erforderlich erscheint. Es lassen sich aber verschiedene Aufgaben mit Benutzung des Globus mechanisch auflösen, und in Betracht dieser Auflösungen ist es zweckmäßig, einige auf dem Globus und seinem Gestelle vorhandene Linien und Zeichen zu erwähnen, und einige gewöhnlich mit dem Globus verbundene Hilfsmittel zu beschreiben und die Anwendung derselben zu besprechen.

Welche Linien auf dem Erdglobus sind besonders in Erwähnung zu bringen?

Damit auf dem Globus die nach Länge und Breite auf der Erdoberfläche gemessenen Örter an den gehörigen Stellen eingetragen werden können, muß um die Globuskugel ein Gradnetz gebildet werden, welches aus dem Äquator

nebst seinen Parallelkreisen und den diese Kreise durchschneidenden Meridianen besteht. Von den Meridianen wird einer als Erster Meridian angenommen, und dies ist jetzt gewöhnlich der durch Greenwich gelegte. Von den Parallelkreisen werden nördlich und südlich von dem Äquator zwei besonders gekennzeichnet: die Wendekreise, je $23^1/_2$ Grad, und die Polarkreise, je $66^1/_2$ Grad von dem Äquator entfernt. Der auf der nördlichen Erdhälfte befindliche Wendekreis heißt Wendekreis des Krebses, derjenige auf der südlichen Hemisphäre heißt Wendekreis des Steinbocks. Diese Kreise begrenzen Abteilungen entsprechend den Zonen: der heißen, den gemäßigten und den kalten Zonen. In der heißen Zone ist eine Kreislinie, welche an zwei Stellen den Äquator durchschneidet, und je in der Mitte zwischen diesen Durchschnittsstellen bis zu einem Wendekreis reicht. Diese Linie, Ekliptiklinie genannt, kann man benutzen, um die jeweilige Entfernung der Sonne von dem Äquator zu bezeichnen. An derjenigen Stelle, wo die Ekliptik nordwärtsgehend den Äquator durchschneidet, steht die Sonne am 21. März. Jeden Tag rückt dieselbe nahe 1 Grad fort. Am 21. Juni trifft sie den Wendekreis des Krebses; den 22. September durchschneidet sie, südwärtsgehend, den Äquator; am 21. Dezember ist sie bis zu dem Wendekreis des Steinbocks gelangt, und steigt dann wieder auf zu dem Äquator. Man kann nun Tag für Tag den Stand der Sonne in der Ekliptiklinie auffinden. Legt man durch diesen aufgefundenen Ort einen Parallelkreis, so erhält man die Reihe der Orte, für welche an jenem Tage zur Mittagszeit die Sonne im Zenith steht.

Wenn die Nachbildung der Erdoberfläche auf der Kugel bewirkt ist, läßt man, um Überfüllung mit Linien zu vermeiden, meist nur in je 10 Grad Entfernung die Parallelkreise und die Meridiane stehen, und so findet man gewöhnlich die beiden Pole, den Äquator, die Wendekreise, die Parallelkreise in je 10 Grad Entfernung, den Ersten Meridian, die übrigen Meridiane je 10 Grad von

einander entfernt und die Ekliptiklinie auf dem Globus gekennzeichnet. Der Äquator und der Erste Meridian sind in Grade eingeteilt. Mit Benutzung dieser Einteilungen kann man Orte, deren Länge und Breite angegeben ist, auf dem Globus finden: die Länge wird durch die Grade des Äquators, die Breite durch die Meridiangrade abgemessen. Auch kann man für die auf dem Globus angegebenen Orte die Länge und Breite derselben ermitteln.

Welche Linien und Zeichen auf dem Horizont des Gestelles sind besonders anzuführen?

Auf dem horizontalen Rande des Gestelles sind die Himmelszeichen, die Monatsnamen, Gradeinteilungen und Tagesabteilungen angegeben. Die 360 Grade sind nicht von Null bis 360 angezeigt, sondern von dem Ostpunkt 90 Grad bis zu dem Südpunkt, und 90 Grad bis zu dem Nordpunkt, und von dem Westpunkt 90 Grad bis zu dem Südpunkt, und 90 Grad bis zu dem Nordpunkt. Es dient diese Einteilung vornehmlich zum Ablesen der südlichen und nördlichen Morgen- und Abendweite der auf- und untergehenden Sonne, nachdem der Stand derselben in der Ekliptiklinie für den betreffenden Tag markiert ist. Daneben sind nochmals 360 Grade, ebenfalls nicht von Null bis 360 angezeigt, sondern es sind in den aufeinanderfolgenden Himmelszeichen je 30 Grade enthalten, einzeln durch Striche abgeteilt und bei 10, 20 und 30 Grad beziffert, so daß man nun z. B. zählt: im 16. Grad des Widders, im 20. Grad des Stiers (= 50. Grad), im 6. Grad der Zwillinge (= 66. Grad), im 24. Grad des Krebses (= 114. Grad) u. s. w. Neben den Namen der Himmelszeichen stehen die Namen der Monate mit den Tagesabteilungen, und zwar so geordnet, daß die Tagesabteilungen der Monate mit den Graden der Zeichen, in welchen jeweilig die Sonne ist, zusammentreffen. Hierdurch kann man für jeden Tag den Ort der Sonne in der Ekliptiklinie finden, und somit (nach Einstellung des Globus für den betreffenden

Ort) ihren Tageslauf über dem Horizont, die Morgen- und Abendweite bei Auf- und Untergang derselben und (ohne Einstellung) den zenithalen scheinbaren Gang der Sonne ersehen. Überdies sind auch die Himmelsgegenden, die Hauptgegenden und die Nebengegenden an den gehörigen Orten durch die Buchstaben S, W, N, O und ihre Zusammenstellungen angezeigt.

Welche Nebenapparate sind mit dem Globus verbunden?

Mit dem Globus sind der Meridianring und der Stundenring mit Zeiger, und mit dem Gestell eine Magnetnadel verbunden, und gewöhnlich ist auch ein messingener Gradquadrant beigegeben. In dem Meridianring, welcher Gradeinteilung hat, ist der Globus drehbar um die Achse, der Umdrehung der Erde entsprechend. Im Südpunkt und Nordpunkt des Gestelles sind Einschnitte, in welche der Meridianring so eingesetzt wird, daß seine Ebene auf dem horizontalen Rande des Gestelles senkrecht steht. Der Meridianring (nebst Globus) läßt sich verschieben in den Gestelleinschnitten, so daß der Nordpol oder der Südpol des Globus um beliebig viele Grade über den horizontalen Rand des Gestells gehoben werden kann. Gewöhnlich erhebt man den Nordpol so hoch, als der geographischen Breite des Wohnortes, an dem man sich befindet, entspricht. Der Stundenring ist auf dem Meridianring im Nordpol befestigt und enthält 12 Vormittags- und 12 Nachmittagsstunden; der Zeiger ist mit dem drehbaren Globus verschiebbar verbunden, und es dreht sich mit diesem die Zeigerspitze auf der Stundenreihe. Stellt man den betreffenden Ort unter den Meridian und schiebt den Zeiger auf Mittag 12 Uhr, so kann man den Tages- und Nachtstunden dieses Ortes entsprechend den Globus drehen. Die Magnetnadel dient zu Einstellung des Meridianringes in die Lage des Ortsmeridians, für welchen der Globus benutzt wird. Die Nadel zeigt nicht genau nach dem Nordpunkt, sondern weicht davon ab; es ist aber diese Abweichung nicht

für alle Orte und Zeiten eine und dieselbe. An allen Orten Deutschlands ist gegenwärtig die Nadel westlich von dem Nordpunkt abgelenkt. Wenn nun der Globus in den Ortsmeridian eingestellt sein soll, so muß die Nordspitze der Nadel um so viele Grade von dem in der Dose durch N bezeichneten Nordpunkt westlich abweichen, als für diesen Ort die magnetische Abweichung beträgt. Für die nächsten Jahre läßt sich die Abweichung der Nadel annähernd in folgender Weise bestimmen: eine Linie durch Danzig, Breslau, Preßburg trifft die Orte mit 9 Grad, durch Berlin, Dresden, Linz die Orte mit 11 Grad, durch Hamburg, Göttingen, Darmstadt die Orte mit 13 Grad, Oldenburg, Köln, Metz die Orte mit 14 Grad westlicher Abweichung der Magnetnadel von dem astronomischen Nordpunkt. Der messingene Gradquadrant dient zu Abmessungen nach den Graden, welche auf ihm, entsprechend der Größe des Globus, eingegraben sind. Gewöhnlich hat er eine Vorrichtung zum Anschrauben an den Meridianring. Es läßt sich derselbe auch benutzen, um die Abweichung der Sonne von dem Äquator (die Deklination) für jeden Tag in Graden zu ermessen. Es wurde schon mitgeteilt, wie man den Ort der Sonne für jeden Tag in der Ekliptiklinie findet. Legt man nun den messingenen Quadranten an diesen Ort an und stellt ihn senkrecht auf den Äquator, so zeigen die zwischen dem Ort der Sonne und dem Äquatorpunkt, welchen der Quadrant trifft, enthaltenen Grade die Deklination der Sonne für diesen Tag an.

In diesen Beschreibungen sind bereits die Auflösungen verschiedener Aufgaben angedeutet; die Aufgaben mit mechanischer Auflösung lassen sich aber noch bedeutend vermehren.

Welche Aufgaben lassen sich durch Benutzung des Globus mechanisch auflösen?

Alle Fragen, welche vermittelst der Benutzung des Globus beantwortet werden können, anzuführen, würde an dieser Stelle ein zu umfangreiches Material der Besprechung

darbieten; es können sogar die hauptsächlichen Gegenstände nur andeutungsweise erörtert werden, da Einzelheiten das Maß des dargebotenen Raumes überschreiten würden. Man kann nun bei diesen Ermittelungen den Globus allein, oder den Globus mit Meridianring und Gestell, oder den Globus mit Meridianring ohne Gestell benutzen.

Was läßt der Globus allein auf sich ersehen?

Außer den bereits erwähnten Linien läßt der Globus an sich ersehen, welche Orte von irgend einem Orte östlich, westlich, südlich und nördlich liegen, wie viel Grade dieselben entfernt sind, an welchen Orten die Antipoden, die Gegenwohner und die Nebenwohner sich befinden.

Wozu läßt sich der Globus in dem Gestell benutzen?

Der Globus kann verschieden in das Gestell eingesetzt werden. Man stelle zunächst den Nordpol oben, den Südpol unten, um den Gang des Zeigers mit der Drehung des Globus zu beobachten. Während sich 15 Grad durch den Meridianring hindurchschieben, rückt der Zeiger um 1 Stunde fort, bei Fortrückung von 1 Grad um 4 Minuten. Bringt man nun irgend einen Ort genau unter den Meridianring und notiert den Stand des Zeigers, dreht dann den Globus, bis irgend ein anderer Ort unter dem Meridianring ist, so kann man aus der veränderten Stellung des Zeigers erschließen, um wie viel Grad in Länge der eine Ort von dem andern entfernt ist; je 4 Minuten ergeben 1 Grad. Welcher von diesen Orten westlich oder östlich ist, läßt sich unmittelbar ersehen. Dieses Verfahren ergiebt auch zugleich den Ortszeitunterschied der beiden betreffenden Ortschaften, wobei die östlich gelegene Ortschaft in der Zeit weiter vorgerückt ist, als die westlich gelegene, je 1 Grad in Länge um 4 Minuten in Zeit. Der Zeiger ist so an dem Achsenstift angebracht, daß durch Verschieben seine Stellung zu dem Globus verändert werden kann. Wenn man nun irgend einen Ort auf die Mittagszeit einstellen will, so bringt man denselben auf der Südseite des Meridianringes unter diesen

und verschiebt den Zeiger um den Achsenstift auf die Zahl Mittag 12 des Stundenringes, wobei aber der Globus selbst in Stellung nicht verändert werden darf. Alle unter dem Meridianringe auf der Südseite befindlichen Orte haben Mittag 12 Uhr, die auf der Nordseite desselben stehenden haben Mitternacht 12 Uhr. (Man hat auch Erdkugeln gebildet, auf welchen um den Pol die Stundenzahlen angegeben sind, in welchem Falle der Zeiger ebenfalls eingestellt wird, und unter ihm drehen sich die Stundenzahlen hindurch.) Die auf der Südseite sowohl, als auch die auf der Nordseite des Meridianringes befindlichen Orte liegen je unter einem und demselben Erdmeridian in verschiedenen Breiten, und die jedem Orte zugehörige geographische Breite kann man aus seiner Stellung unter dem Meridianring, aus dem Grade, der über ihm steht, erkennen.

Diese Einstellung, bei welcher die Achse des Globus auf der Ebene des Gestellrandes senkrecht steht, dient vornehmlich zur Orientierung im allgemeinen.

Welche Einstellung des Globus in das Gestell ist besonders noch hervorzuheben?

Man stelle den Nordpol oder den Südpol des Globus, jenachdem die Abweichung der Sonne von dem Äquator an dem für die Nachforschung gegebenen Tage nördlich oder südlich ist, so hoch in Graden über den Gestellrand, als an diesem Tage die Abweichung der Sonne beträgt: so ergiebt dies die Erscheinung, als ob die Sonne in sehr weiter Entfernung gerade über dem jeweiligen obersten Punkt des Erdglobus stände, und ihre Strahlen senkrecht auf die horizontale Ebene des Gestellrandes fielen. Der Horizontrand des Gestelles bildet die Grenze der Sonnenbestrahlung auf der Erdkugel, die oberhalb des Gestellrandes befindliche Hälfte des Globus ist die Tagseite, die unterhalb desselben befindliche Hälfte die Nachtseite. Der oberste Ort bildet die Mitte der von der Sonne bestrahlten Erdhälfte, über ihm steht die Sonne senkrecht, sie ist daselbst im Zenith, und es

ist daselbst die Zeit des wahren Mittags. Alle unter dem Meridianringe auf der Südseite stehenden Orte haben zu ebenderselben Zeit den wahren Mittag. Wird nun der Globus entsprechend der Bewegung der Erde von Westen nach Osten gedreht, so ersieht man, wie die auf der Westseite über den Gestellrand emporkommenden Orte in die Tagseite treten, Sonnenaufgang haben, hingegen die an der Ostseite unter den Gestellrand hinabgehenden Orte in die Nachtseite gelangen, Sonnenuntergang haben. Man kann nun den Nordpol oder den Südpol $23^1/_2$ Grad über den Gestellrand aufrichten; im ersteren Falle treten die Gegenden des nördlichen, im andern diejenigen des südlichen Polarkreises nicht in die Nachtseite. Legt man die Pole der Globusachse in den Gestellrand, so sind alle Örter während der einen Hälfte der Umdrehung in der Tagseite, während der andern Hälfte derselben in der Nachtseite. Wenn man nun allmählich den Nordpol oder den Südpol über den Gestellrand bis $23^1/_2$ Grad erhebt und in den verschiedenen Höhenstellungen die Globusumdrehungen vollbringen läßt, so kann man für jeden Ort, durch Markierung desselben mit einem Kreidepunkt oder einem aufgeklebten kleinen Wachsklümpchen, den Lauf dieses Ortes in der Tagseite und in der Nachtseite verfolgen, und dabei die Stundenzahl der Tages- und der Nachtdauer am Zeigergange auf dem Stundenringe ersehen. Auch erblickt man unmittelbar, an welchen Orten die Sonne zu gleicher (physischer) Zeit aufgeht und untergeht, in die Tagseite und in die Nachtseite diese Orte eintreten. Man kann diese Nachforschungen auch mit einer bestimmten Ortszeit in Verbindung bringen, und dies geschieht, indem man den betreffenden Ort unter den Meridianring, auf der Südseite desselben, und den Zeiger des Stundenringes auf Mittag 12 einstellt. Durch Drehung des Globus auf die verschiedenen Tagesstunden dieses Ortes erhält man die dabei sich bildenden Abgrenzungen der Tag- und Nachtseite, den Sonnenaufgang und -Untergang an den verschiedenen Orten u. s. w.

Welche Stellung der Achse des Erdglobus ist nun noch in Betracht zu ziehen?

Man erhebe den Pol des Globus so viel Grade über den Gestellrand, als die geographische Breite des Ortes enthält, für welchen die Untersuchungen angestellt werden sollen. Bringt man diesen Ort unter den Meridianring, so nimmt er den höchsten Ort des Globus ein, und er steht in der Mitte einer Halbkugel, welche für ihn die obere heißt und durch den Gestellrand abgegrenzt wird. Schraubt man nun über diesem Ort den messingenen Quadranten auf den Meridianring, und legt ihn an den Globus an, so kann man die Gradentfernungen anderer Orte von diesem nach den verschiedenen Himmelsgegenden hin ermessen. Stellt man den Stundenzeiger auf Mittag 12 Uhr, indem der Ort unter dem Meridianring ist, und markiert man unter dem Stundenringe den Ort der Sonne nach ihrer Deklination für irgend einen Tag, so beschreibt dieser markierte Ort bei Drehung des Globus den scheinbaren Lauf der Sonne während dieses Tages, und man erkennt an dem Gange und Stande des Stundenzeigers die Zeiten des Aufganges und Unterganges der Sonne. Bei Einstellung der Sonne in den Wendekreis des Krebses erhält man die Darstellung des längsten, bei Einstellung derselben in den Wendekreis des Steinbocks die Darstellung des kürzesten Tages für diesen Ort. Auch die Dauer der Dämmerung läßt sich ermessen, sowohl der bürgerlichen als auch der astronomischen Dämmerung. Die bürgerliche Dämmerung beginnt oder endet, wenn die Sonne 7 Grad unter dem östlichen oder westlichen Horizont steht, die astronomische bei 16 Grad Tiefstand unter dem Horizonte. Man dreht daher den Globus, bis der für den betreffenden Tag markierte Sonnenort 7 Grad, bezüglich 16 Grad, unter dem Horizontrande des Gestelles ist. Man kann wohl dies mit dem messingenen Quadranten nach Hochstellung des Globus samt Gestell abmessen; aber es ist diese Abmessung sehr unbequem. Man bestimme daher den Ort, welcher dem Sonnenort (dieses Tages) diametral gegenübersteht, gleich-

sam der Antipode desselben ist, und wenn dieser Antipodenort 7 Grad, bezüglich 16 Grad, über dem Horizonte ist, so steht der Sonnenort 7 Grad, bezüglich 16 Grad, unter dem Horizonte. Die Höhe 7 Grad, bezüglich 16 Grad, wird mit dem messingenen Quadranten abgemessen. Die Sonnenbestrahlung der Erde läßt sich auch direkt an der künstlichen Erdkugel zur Anschauung bringen.

Wie kann man die Beleuchtungsverhältnisse der Erde durch die Sonne unmittelbar zur Anschauung bringen?

Solches geschieht durch das Tellurium. Es ist dies ein Erdglobus, dessen Achse parallel der Erdachse gerichtet und der den Sonnenstrahlen ausgesetzt wird. Nachdem dies geschehen, ist der kleine Globus genau so gegen die Sonne orientiert wie die Erdkugel selbst. Bringt man nun den Ort, an welchem man beobachtet, in die Meridianebene auf den höchsten Punkt des Globus, so stimmen die Hemisphären des letzteren, die Nachthalbkugel sowohl als die Tageshälfte, genau mit denjenigen der Erde überein. Sobald man den Globus in dieser Weise orientiert und einige Zeit hindurch beobachtet hat, so bemerkt man, daß die Trennungslinie von Licht und Schatten nicht unbeweglich bleibt. Wenn sich der Beobachter der Sonne zuwendet, so treten die ihm rechts liegenden Teile des Globus nach und nach aus dem Schatten hervor und diejenigen an der linken Seite in denselben ein. Die ersten haben dann in Wirklichkeit Sonnenaufgang, die zweiten Sonnenuntergang. Da der Globus die doppelte Bewegung der Erde mitmacht, so wird er im Laufe des Jahres in der Verteilung des Schattens und des Lichtes alle Veränderungen darbieten, welche sich in derselben Zeit auf der Erde vollziehen. Am Tage zeigt er daher ganz denselben Anblick, welchen die Erde darbieten würde, wenn wir sie aus geeigneter Entfernung betrachten könnten. Natürlich kann ein so aufgestellter Globus nur wirken, wenn er von der Sonne beschienen wird. Er hat aber den großen Vorteil, daß er von der Sonne selbst

erleuchtet wird und daß die Trennungslinie von Tag und Nacht durch die Strahlen der Sonne selbst bezeichnet wird.

Wie findet man durch Benutzung des Globus die Orte, an welchen Mondfinsternisse erblickt werden?

Um einige auf Mondfinsternisse bezügliche Fragen mit Benutzung des Erdglobus aufzulösen, müssen vorher bekannt sein: die Deklination des Mondes zu der Zeit der Verfinsterung und die Zeiten des Anfanges, der Mitte und des Endes der Verfinsterung nach der mittleren Zeit irgend eines Ortes.

Man erhebe den Pol des Globus (den Nordpol bei nördlicher, den Südpol bei südlicher Deklination des Mondes) um so viele Grade über den Horizontrand des Gestelles, als die Deklination des Mondes zu dieser Zeit beträgt.

Der Anfang der Mondfinsternis. Man bringe den Ort, nach dessen Ortszeit die Zeit des Anfanges der Verfinsterung angegeben ist, unter den Meridianring, stelle den Zeiger des Stundenringes auf die Stunde und Minute des Anfanges der Verfinsterung und drehe nun den Zeiger mit dem Globus auf nachts 12 Uhr. Die Nachtseite der Erde ist nun durch die über dem Gestellrand befindliche Hälfte des Globus dargestellt, und der Mond steht gerade über der Mitte dieser Halbkugel, so daß der oberste Ort derselben den Mond im Zenith hat. Am westlichen Horizont findet der Eintritt in die Nachtseite, am östlichen der Austritt aus derselben statt; dort wird der Anfang der Mondfinsternis bei Mondaufgang, hier bei Monduntergang erblickt. Alle unter dem Meridianring stehenden Orte haben den Finsternisanfang zu Mitternachtszeit und dabei den Mondstand im Meridian.

Die Mitte der Mondfinsternis. Man bringe wieder den Ort der Zeitangabe unter den Meridianring, stelle den Zeiger des Stundenringes auf Stunde und Minute der Mitte der Verfinsterung und drehe den Zeiger mit dem Globus auf nachts 12 Uhr. Es ist nun wieder

oberhalb des Gestellrandes die Nachtseite der Erde, und der Mond steht im Zenith des obersten Ortes dieser Halbkugel. Die Erörterung wird bei der Mitte der Verfinsterung, der größten Phase der Erscheinung, ebenso in Bezug auf Westrand, Ostrand und Meridianring angestellt, wie dies bei der Betrachtung des Anfanges derselben geschah.

Das Ende der Mondfinsternis. Das Verfahren bei dieser Nachforschung ist gleich dem bei Erörterung des Anfanges und der Mitte der Verfinsterung angewendeten Verfahren, nachdem man den Zeiger des Stundenringes auf die für das Ende der Verfinsterung angegebene Zeit eingestellt hat.

Für die Mondfinsternis vom 28. Dezember 1879 sind die zu Nachforschung mit Benutzung des Globus erforderlichen Angaben: Deklination des Mondes + 24° 7′, Anfang Nachmittag 4 Uhr 26 Minuten, Mitte 5 Uhr 16 Minuten, Ende 6 Uhr 5 Minuten mittlere Leipziger Zeit. — Für die Mondfinsternis den 22. Juni 1880: Deklination des Mondes — 23° 54′; Anfang Nachmittag 1 Uhr 5 Minuten, Mitte 2 Uhr 40 Min., Ende 4 Uhr 15 Min. mittlere Leipziger Zeit. — Für die Mondfinsternis den 16. Dezember 1880: Deklination des Mondes + 23° 34′; Anfang Nachmittag 2 Uhr 34 Minuten, Mitte 4 Uhr 28 Minuten, Ende 6 Uhr 23 Minuten mittlere Leipziger Zeit.

Wie ermittelt man durch Benutzung des Globus den Gang der Sonnenfinsternis-Erscheinungen?

Um durch Benutzung des Globus einige auf die Sonnenfinsternis-Erscheinungen bezügliche Fragen beantworten zu können, müssen bekannt sein: die Deklination der Sonne zu der Zeit der Verfinsterung, die Zeiten des Anfanges und des Endes überhaupt, des Anfanges und des Endes der Ringförmigkeit oder der Totalität (wenn eine dieser Erscheinungen dabei vorhanden ist), ferner die Orte nach Länge und Breite, wo Anfang oder Ende zuerst oder zuletzt erblickt werden. Wenn diese nach astronomischen Berechnungen

erhaltenen Angaben zur Verfügung stehen, so dient die Verwendung derselben zu Einstellung des Globus behufs der Nachforschungen über den Gang des Mondschattens auf der Erdoberfläche.

Man erhebe den Pol des Globus (den Nordpol bei nördlicher, den Südpol bei südlicher Deklination der Sonne) um so viel Grade über den Horizontrand des Gestelles, als die Deklination der Sonne zur Zeit der Verfinsterung beträgt.

Bei jedem Anfang und Ende (Anfang und Ende überhaupt, Anfang und Ende der Ringförmigkeit, oder der Totalität) bringe man nun denjenigen Ort, nach dessen Ortszeit die Zeitangaben gemacht sind, unter den Meridianring, stelle jedesmal den Zeiger des Stundenringes auf die Zeit des betreffenden Anfanges oder Endes, und drehe dann den Zeiger mit Globus auf Mittag 12 Uhr. Es entspricht nun die über dem Gestellrande befindliche Hälfte des Globus der Tagseite der Erde, und über dem höchsten Ort des Globus steht senkrecht die Sonne, in dem Zenith dieses Ortes. Nun hat man die nach Länge und Breite angegebenen Orte auf der Tagseite aufzusuchen, und man kann dadurch, daß man die Orte, wo die Sonne bei ihrem Aufgange, im Meridian und bei ihrem Untergange total oder ringförmig verfinstert erscheint, durch einen Bogen des größten Kreises verbindet, den Gang der Verfinsterung auf der Erde verfolgen. Geschieht dieser Gang über Äquatorgegenden, so ist die Breite des Weges der totalen Verfinsterung nicht größer als höchstens 30 Meilen, geschieht derselbe über Polargegenden, so kann die Breite dieses Weges bis 200 Meilen betragen. Auf beiden Seiten liegen die Orte der partialen Verfinsterung, mit der Entfernung von diesem Wege abnehmend in der Größe der Verfinsterungserscheinung.

Um durch Benutzung des Globus den Gang von Sonnenfinsternis-Erscheinungen zu erforschen, können folgende Angaben als Beispiele dienen.

Sonnenfinsternis den 22. Januar 1879. Deklination der Sonne — 20°. Anfang überhaupt: Vormittag 9 Uhr 49 Minuten mittlere Leipziger Zeit, 308° östlicher Länge von Greenwich, 24° südlicher Breite. Anfang der ringförmigen Erscheinung: 10 Uhr 51 Minuten, 291° östlicher Länge von Greenwich, 27° südlicher Breite. Zentrale Verfinsterung im Mittage: Mittag 12 Uhr 36 Minuten, 6° östlicher Länge von Greenwich, 31° südlicher Breite. Ende der ringförmigen Erscheinung 2 Uhr 34 Minuten, 64° östlicher Länge von Greenwich, 8° nördlicher Breite. Ende der Verfinsterung überhaupt 3 Uhr 36 Minuten, 48° östlicher Länge von Greenwich, 12° nördlicher Breite. — Der Halbschatten des Mondes gelangte nicht hinreichend weit nördlich, um eine Verfinsterungserscheinung in Deutschland zu bewirken.

Sonnenfinsternis den 31. Dezbr. 1880. Deklination der Sonne — 23°. Anfang überhaupt Mittag 12 Uhr 50 Min. mittlere Leipziger Zeit, 287° östlicher Länge von Greenwich, 36° nördlicher Breite. Ende überhaupt 4 Uhr 18 Min., 7° östlicher Länge von Greenwich, 53° nördlicher Breite. — Diese Sonnenfinsternis war partiell, und in Deutschland sichtbar, und zwar im südwestlichen Deutschland während der ganzen Dauer, Nordostdeutschland war aber bei dem Ende der Finsternis schon unter dem Gestellrand, stand mithin in der Nachtseite, und man erblickte daher daselbst die Sonne nicht mehr.

Die Mondfinsternisse werden auf der ganzen Nachtseite der Erde wahrgenommen, die Sonnenfinsternisse nur auf einem Teil der Tagseite; es ist daher bei letzteren stets erforderlich, daß man erforsche, ob der Mondschatten mitten über die Tagseite, oder auf der nördlichen oder auf der südlichen Hälfte derselben vorübergehe. Bei südlichem Vorübergang haben die Bewohner des Nordens der Tagseite, bei nördlichem Vorübergang die Bewohner des Südens keine Wahrnehmung der Verfinsterung, und wenn ein Vorübergang über die Mitte der Tagseite stattfindet, so reicht der Schatten nicht bis zu den nördlichsten und südlichsten

Gegenden der Tagseite. Natürlich müssen Globen, welche zu derartigen Forschungen benutzt werden, groß und in jeder Beziehung gut beschaffen sein.

In welcher Weise ist der Fortschritt in der Anfertigung der Erdgloben geschehen?

Anaximander, in Griechenland um 550 v. Chr., soll bereits die damals bekannten Teile der Erdoberfläche auf einer Kugel nachgebildet haben. Ptolemäus, zu Alexandrien, im 2. Jahrhundert nach Chr., behandelt im 22. Kapitel des 1. Buches seiner „Geographia“ die Erdgloben und erwähnt darin die Globen der Alten. Es wurde in früherer Zeit die Erdoberfläche auf Metallkugeln durch Eingrabung nachgebildet. Dann fertigte man Streifen mit der Nachbildung der Erde versehen, und legte dieselben auf die Kugeln auf. Dies scheint zuerst in den Niederlanden gemacht worden zu sein. Erst im 16. Jahrhundert wurde die Darstellung der Erdoberfläche auf Papierstreifen gedruckt und es wurden dann diese Streifen auf eine Kugel aufgeleimt. Es sind aber auch noch Metallkugeln aus dem 16. Jahrhundert vorhanden, auf welchen man die Grenzen der Länder, die Namen von Städten, die Flüsse rc. eingegraben erblickt. Vornehmlich zu erwähnen sind aus dem 16. Jahrhundert: die Erdgloben von Mercator (in Flandern), aus dem 17. Jahrhundert die Erdgloben von Blaeu (in Holland), Sanderson (in England), Busch (in Holstein), Coronelli (in Italien), aus dem 18. Jahrhundert die Erdgloben von Akrell (in Schweden), Frontin (in Frankreich), Adams und Cary (in England), Franz, Beringer, Bauer, Andreä, Homann (in Deutschland), im 19. Jahrhundert die Erdgloben von Adami (in Potsdam), Schropp (in Berlin), Schreibers Erben (in Leipzig), Industriecomptoir (in Weimar).

Die Reliefgloben, auf welchen die Berge erhaben, die Thäler vertieft dargestellt werden, ermöglichen einen anschaulichen Überblick der Gestaltung der Erdoberfläche;

es können aber die Erhöhungen nicht in richtigem Verhältnisse der Erdgröße stehen, da z. B. ein Berg von der Höhe einer Meile nur den 1720. Teil des Durchmessers des Globus als Erhöhung über die Kugeloberfläche haben darf.

Pneumatische Erdgloben, welche aus (mit der Gestaltung der Erdoberfläche bedrucktem) Seidenstoff (oder Papier) bestehen, mittels eines Blasebalgs aufgetrieben und dann frei aufgehängt werden können, wurden 1832 von J. L. Grimm zu Berlin gefertigt. Es sind dieselben für Transport bequem, aber sie werden leicht beschädigt und sind überhaupt nicht dauerhaft.

Ein Georama, eine sehr große Hohlkugel, auf deren Innenfläche die Länder, Berge, Meere, Flüsse u. s. w. erhaben und farbig dargestellt sind, und in welcher man die Gegenstände gleichsam umgekehrt erblickt, hat Wyld 1851 zu London gefertigt. Der Durchmesser dieser Kugel betrug 20 m, und es waren in derselben Galerien für die Beschauer angebracht; das Ganze war aber nur eine Spielerei.

Elfter Abschnitt.

Die Landkarten.

Was versteht man unter einer Landkarte?

Unter einer Landkarte versteht man die Darstellung eines größeren oder kleineren Teiles der Erdoberfläche auf einer Ebene. Man unterscheidet hierbei Karten, welche nur einen kleineren Teil der Erdoberfläche darstellen, und solche, welche eine ganze Halbkugel vorführen (Planigloben), endlich noch die Karten, welche zum Gebrauch für Seefahrer entworfen sind und den Namen Seekarten führen.

Was versteht man unter dem Maßstab einer Karte?

Man versteht darunter das Verhältnis, in welchem die in der Karte dargestellten Entfernungen oder Distanzen kleiner sind als die wirklichen Entfernungen auf der Erdoberfläche, mit anderen Worten das Verjüngungsverhältnis. Dieses Verhältnis wird durch einen Bruch ausgedrückt, z. B. 1 : 10000, was also anzeigt, daß alle Entfernungen auf der Karte 10000 mal kleiner sind als in der Wirklichkeit, oder auch, daß man die wirklichen Entfernungen erhält, wenn man die auf der Karte gemessenen Entfernungen mit 10000 multipliziert. Stets muß man im Auge behalten, daß der auf der Karte angegebene Maßstab sich nur auf die Länge, nicht auf die Fläche bezieht.

In welcher Weise werden die Teile der krummen Erdoberfläche auf die ebenen Karten übertragen?

Man hat hierbei zu beachten, ob es sich um einen größeren Teil der Erdoberfläche oder nur um kleine Flächenstücke handelt. Im letzteren Falle weicht die Nachbildung auf der Kartenebene unmerklich von der Wirklichkeit ab, wenn man die Krümmung der Erdoberfläche unbeachtet läßt, gleich als ob man von einer Ebene auf die andere übertrüge. Dies findet Anwendung bei der Anfertigung von Spezialkarten (Plan-, Platt-, chorographischen, topographischen Karten), in welchen einzelne Teile eines Landstriches, Städtebezirke, Gebirge, Meerbusen, Häfen u. s. w. dargestellt sind. Zu der Bildung des geographischen Netzes werden hierbei die Meridiangrade gleich groß (wie sie es sind), die Grade der Parallelkreise entsprechend der geographischen Breite kleiner, aber auch unter einander gleich groß angenommen, so daß dieses Netz ein rechtwinkeliges Viereck bildet. Die Größe der Grade der Parallelkreise wird nach dem in der Mitte zwischen der nördlichen und südlichen Grenze des darzustellenden Bezirks befindlichen Parallelkreis bestimmt. In dieses Netz werden nun die Ergebnisse der Messungen auf der Erdoberfläche nach Länge und Breite eingetragen. Hierbei ist nach altem Brauche Norden „oben", Süden „unten", Osten „rechts", Westen „links". Zur Nachbildung größerer Bereiche ist dieses Verfahren nicht geeignet.

Wie bewirkt man die Abbildung größerer Teile der Erdoberfläche?

Um größere Teile der Erdoberfläche abzubilden verwandelt man die Kugelzone, innerhalb welcher der abzubildende Bereich liegt, in den Mantel eines Kegelstutzes. Dieser Mantel kann nun außerhalb durch Tangenten, Fig. 109 I. t, oder innerhalb durch Sehnen, Fig. 109 I. s, oder teils außerhalb, teils innerhalb der Zone durch Schnittlinien, Fig. 109 II. m, gebildet werden. Das zuletztgenannte Verfahren (das Murdochsche) bewirkt eine möglichst gleich-

mäßige Verteilung des Nachteils der Übertragung. Das Netz, welches auf diese Weise entsteht, ist eine Figur, in welcher zwei Seiten (Meridianbögen) gleichgroße gerade Linien sind, und die nördliche und südliche Begrenzung durch parallele Bögen (Bögen der Parallelkreise) gebildet werden (Fig. 110). Die Breitengrade sind gleich groß, die Längengrade werden mit Zunahme der Breite gemäß der Konstruktion kleiner. Wenn man den Kegelstutz zu einem Kegel vervollständigte, würden die Meridiane in der Spitze desselben zusammentreffen. Die Eintragung nach Länge und Breite geschieht in derselben Weise wie bei der Besprechung des Rechtecksnetzes angegeben worden ist. Diese Methode läßt sich nicht auf die Nachbildung von sehr großen Bereichen, von großen Ländern, oder von Weltteilen, oder von Erdhälften anwenden, ohne in der Nachbildung sehr bemerkbare Abweichungen von der Wirklichkeit aufzuweisen.

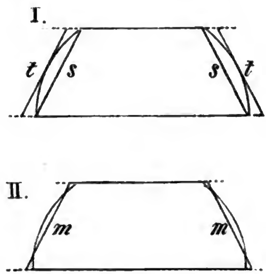
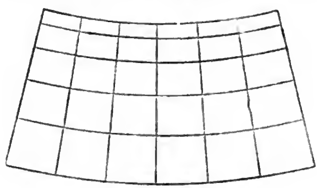


Fig. 109.


Fig. 110.

Welches Verfahren wendet man an, um sehr große Bereiche der Erdoberfläche nachzubilden?

Wenn man eine Gegend auf einer Ebene nachbilden will, so stellt man sich vor, es stehe zwischen dem Auge und der nachzubildenden Gegend eine Glasscheibe. Jeder Punkt der Gegend sendet einen Strahl zu dem Auge, und dieser Strahl durchdringt an einer bestimmten Stelle die Glastafel. Alle

Punkte auf der Glastafel, welche bei unveränderter Stellung des Auges und der Tafel von den Strahlen der Gegend getroffen werden, bewirken in ihrer Gesamtheit die Nachbildung der Gegend. Man nennt diese Darstellungsweise die Methode der perspektivischen Darstellung und vornehmlich wenn sie auf Gegenstände der Astronomie und mathematischen Geographie angewendet wird „Projektionsmethode“: das Bild wird gleichsam auf die Tafel „geworfen“. Die Strahlen, welche von dem Gegenstande kommend sich im Augenpunkte schneiden, heißen Projektionsstrahlen. Das Verfahren der Projektion wird nun bei der Nachbildung größerer Bereiche in verschiedener Weise in Anwendung gebracht, und die Verschiedenheit ist in der Wahl der Stellung des Auges und der Stellung der Tafel begründet. Man unterscheidet hierbei „orthographische Projektion“, „Zentralprojektion“ und „stereographische Projektion“.

Worin besteht die orthographische Projektion?

Bei der orthographischen Projektion wird angenommen, das Auge sei in sehr weiter Entfernung von der Erde, so daß alle von dem Auge zu den verschiedenen Orten der Erde gehenden Gesichtslinien als parallele betrachtet werden können (Fig. 111), und die ihm zugewendete Erdhälfte als Kreisscheibe erscheint, auf welche gleichsam diese Erdhälfte niedergelegt ist, etwa so wie die uns zugewendete Mondhälfte sich unserem Blicke darstellt. Nehmen wir nun an, es stehe das Auge in der Richtung der Erdachse weit entfernt von der Erde über einem Pol derselben, so bildet die Ebene des Äquators die Projektionstafel und

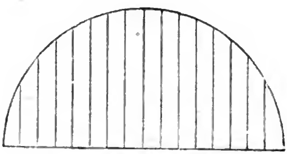


Fig. 111.

jeder Punkt der Erdoberfläche wird auf dieselbe projiziert, indem man aus ihm eine gerade Linie senkrecht auf die Äquatorebene fällt. Eine solche Nachbildung der Hälfte der Erdoberfläche heißt Planisphärium oder Planiglob.

Man kann auch irgend einen Punkt des Äquators wählen, aus ihm eine gerade Linie durch den Mittelpunkt der Erde bestimmen, in der Richtung dieses Erddurchmessers in sehr weiter Entfernung das Auge annehmen und die Projektionstafel senkrecht auf diesen Durchmesser durch die Mitte der Erde legen. Auf diese Projektionstafel werden durch senkrechte Linien aus allen Orten, welche dargestellt werden sollen, die beiden seitlichen Erdhälften projiziert. Wählt man z. B. einen Punkt für die Stellung des Auges 90 Grad von Ferro (östlich oder westlich) entfernt im Äquator, so liegt die Projektionstafel in der Ebene des Meridians von Ferro und des 180 Grad davon entfernten Meridians, und man erhält auf dem einen Planiglob die alte, und auf dem andern die neue Welt. Gemäß der Wahl der Stellung des Auges in einem Punkte der erweiterten Ebene des Äquators heißt diese Darstellungsweise orthographische Äquatorialprojektion.

Auch einen Punkt, welcher weder in der Erdachsenverlängerung, noch in der Erweiterung der Äquatorebene seine Stellung erhält, kann man für den Stand des Auges wählen. Wählt man nun einen zwischen Pol und Äquator liegenden Punkt als den Mittelpunkt der darzustellenden Hälfte der Erde, so hat man durch ihn einen Erddurchmesser zu legen, und auf diesen senkrecht durch die Mitte der Erde die Projektionstafel zu stellen. Diese Projektionstafel bildet den astronomischen Horizont des betreffenden Ortes. Das Projizieren durch Senkrechte auf die Tafel geschieht ebenso wie in den beiden vorgenannten Fällen. Gemäß der Stellung des Auges über dem Horizont des maßgebenden Ortes heißt diese Darstellungsweise orthographische Horizontalprojektion.

Die orthographische Projektion hat einen großen Nachteil, welcher darin besteht, daß zwar in der Mitte der Nachbildung die Entfernungen und Gestaltungen recht genau den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen, daß aber von hier aus gegen den Rand hin die Breite der Zonen fortwährend abnimmt, so daß eine zunehmende Verkürzung und Zusammendrängung stattfindet, wodurch das Bild nicht genügend mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Anders gestaltet sich die Darstellung bei der Zentralprojektion.

Was versteht man unter Zentralprojektion?

Bei der Zentralprojektion wird das Auge im Zentrum der Erdkugel angenommen, und in der Mitte des darzustellenden Bereiches wird eine Berührungsebene an die Kugel gelegt. Diese Berührungsebene bildet die Projektionstafel (Fig. 112). Aus dem Zentrum werden nun gerade Linien zu denjenigen Orten der Erdoberfläche gezogen, die dargestellt werden sollen. Diese geraden Linien treffen auf Punkte der Projektionstafel, welche hierauf in ihrer Gesamtheit die Nachbildung ergeben. Jenachdem die Mitte des darzustellenden Bereiches in einem Pole oder im Äquator, oder zwischen Pol und Äquator sich befindet, hat man polare, oder äquatoriale oder horizontale Zentralprojektion.

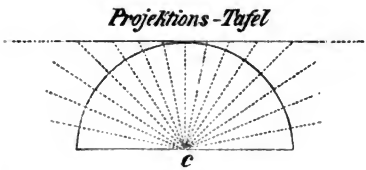


Fig. 112.

In dieser Darstellung, in welcher die größten Kreise der Kugel durch gerade Linien wiedergegeben werden, ist die Nachbildung um die Mitte des Bereiches recht gut; aber man kann nicht füglich über 45 Grad von der Mitte entfernt dieses Projizieren fortsetzen, da bei weiterer Entfernung die Vergrößerung bedeutend zunimmt und bei 90 Grad die

Projektionslinie die Tafel natürlich nicht mehr trifft. Es läßt sich daher nur ein Teil, nicht die völlige Hälfte, der Erdoberfläche nach dieser Methode entwerfen. Besser gestalten sich die Verhältnisse der Nachbildung zur Wirklichkeit bei der stereographischen Projektion.

Was versteht man unter der stereographischen Projektion?

Bei der stereographischen Projektion wird das Auge in irgend einem Punkte der Erdoberfläche angenommen und die Projektionsebene, senkrecht zu ihm, geht durch den Erdmittelpunkt. Wenn durch stereographische Projektion eine Hemisphäre der Erde, z. B. die nördliche oder die südliche, nachgebildet werden soll, so erhält also das Auge seine Stellung in dem dieser Erdhälfte entgegengesetzten Pol, und die Äquatorebene wird als Projektionstafel betrachtet (Fig. 113). Die Gesichtslinien aus dem Pole nach den darzustellenden Orten der Erdoberfläche durchstechen die Äquatorebene und diese Durchstichspunkte ergeben in ihrer Gesamtheit die Nachbildung. Der Pol der dargestellten Hemisphäre steht in der Mitte der Nachbildung, die Meridiane erscheinen als aus demselben kommende gerade Linien und die Parallelen des Äquators bilden Kreise um den Pol. Auf diese Weise findet man gewöhnlich den nördlichen und den südlichen Planiglob im Atlas dargestellt. Man benennt diese Darstellungsweise stereographische Polarprojektion.

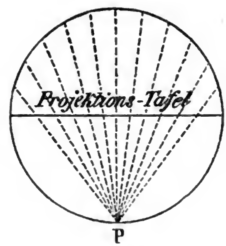


Fig. 113.

Wenn die östliche oder westliche Erdhälfte mit Anwendung der stereographischen Projektion nachgebildet werden soll, so wählt man gewöhnlich als Mittelpunkt der Darstellung denjenigen Grad im Äquator, welcher 90 Grad von Ferro

entfernt ist, östlich für die östliche, westlich für die westliche Erdhälfte. Hierbei ist der Augpunkt der dem Mittelpunkt der Darstellung diametral gegenüberstehende Punkt der Erdoberfläche. Die Projektionstafel bilden die Meridianebenen von Ferro und 180 Grad davon, und diese beiden Meridiane sind die Grenze der Nachbildung. Diese Nachbildungen sind gewöhnlich unter der Bezeichnung: „westlicher und östlicher Planiglob“ im Atlas enthalten. Man nennt diese Darstellungsweise stereographische Äquatorialprojektion.

Auch bei diesem Projektionsverfahren kann man einen zwischen Pol und Äquator liegenden Ort als den Mittelpunkt der Nachbildung wählen. Hierbei ist der Ort der Antipoden der Standpunkt des Auges und der astronomische Horizont bildet die Projektionstafel. Man nennt diese Darstellungsweise stereographische Horizontalprojektion.

Die stereographischen Projektionen haben den Vorzug, daß sie winkeltreu sind, d. h. daß alle Winkel auf der Oberfläche der Kugel den Winkeln der Projektion genau gleich sind, aber diese Projektion hat den Nachteil, daß die Gegenden des Randes in der Nachbildung vergrößert erscheinen, nur bei weitem nicht so auffällig als bei der Zentralprojektion, und weniger vergrößert als bei der orthographischen Projektion die Verkleinerung derselben ist.

Eine besondere Art der Entwerfung des Netzes lehrte 1772 Lambert. Bei dieser Entwerfungsart findet zwar auch in der Darstellung von westlichem und östlichem Planiglob eine Verkleinerung der Entfernungen der Meridiane von einander am Rande statt, aber nicht so bedeutend, als bei der orthographischen Projektion, und es ist diese Verkürzung der Entfernungen geringer, als die Verlängerung der Entfernungen bei der stereographischen Projektion. Die Durchschnittspunkte der Meridiane und Parallelen werden nach der Vorschrift bestimmt: die Breitengrade nehmen vom Mittelpunkte aus ab, wie die Sinus

der halben Winkel. Ein nach der Lambertschen Methode konstruiertes Netz läßt die in der Kreisebene ausgeführte Gestaltung mehr kugelähnlich erscheinen, als dies bei der stereographischen Projektion geschieht.

Mit Ausnahme der nur zur Nachbildung kleiner Bezirke brauchbaren „Plattkarten" lassen alle vorgenannten Projektionsmethoden die Meridiane nach den Polen hin konvergierend erscheinen. Für die Schiffahrt sind zur Bestimmung der Schiffswege die Karten dieser Art nicht brauchbar. Der Schiffer wird nämlich am besten seine Fahrt so einrichten, daß er mit seinem Fahrzeuge eine Linie auf der Erdoberfläche beschreibt, welche alle Meridiane unter einem unveränderlichen Winkel schneidet. Diese krumme Linie führt den Namen Loxodrome. Damit nun dieser Winkel unverändert beibehalten werden könne, müssen die Meridiane parallel in der Karte angegeben sein, und dies findet auf den „Seekarten" statt.

In welcher Weise sind die Seekarten entworfen?

In der Wirklichkeit werden die Längengrade mit der Zunahme der Breite linear kleiner, da die Meridiane mit der Annäherung an die Pole sich mehr und mehr einander nähern. Wenn man nun aber die Meridiane parallel legt, so findet diese lineare Verkleinerung der Längengrade mit der Zunahme der Breite nicht statt, sondern es bleiben durchgängig überall die linearen Größen der Längengrade einander gleich. Da nun das wirklich stattfindende Verhältnis zwischen den linearen Größen der Längengrade und der Breitengrade wiederhergestellt werden muß, so macht man in demselben Verhältnis, in welchem die Längengrade linear kleiner sein sollten, dafür die Breitengrade linear größer (Fig. 114 S. 268). Diese Breitengrade, welche in den Meridianen enthalten sind, haben, wenn man die Erde als Kugel betrachtet, in Wirklichkeit durchgängig gleiche Größe, und sie werden durch diese Abänderung auf das verhältnismäßig richtige Maß gebracht, sie werden reduziert, es

entstehen wachsende Breiten. Daher werden diese Seekarten Karten mit wachsenden Breiten oder reduzierte Karten genannt. Gegen Mitte des 16. Jahrhunderts veröffentlichte G. Mercator zuerst derartige Karten, weshalb diese meist als Karten in Mercators Pro-

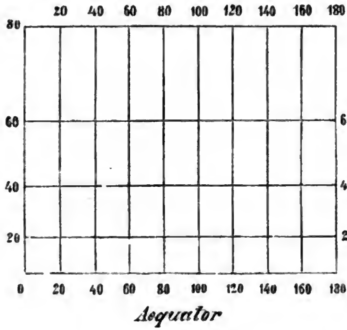


Fig. 114.

jektion bezeichnet werden. Für die Gegenden nahe den Polen sind diese Karten übrigens nicht wohl brauchbar, da die Grade der Breite im Verhältnis zu den Längengraden dort außerordentlich schnell wachsen. Schon unter 80° Breite ist das Verhältnis wie 6 : 1, weshalb derartige Karten meist nur bis zu 80° Breite entworfen werden.

Sachregister.

Druck von J. J. Weber, Leipzig.

Webers Illustrierte Katechismen

Belehrungen aus den Gebieten der Wissenschaften, Künste und Gewerbe etc.

Jeder Band ist in Leinwand gebunden.

Abbreviaturenlexikon. Wörterbuch lateinischer und italienischer Abkürzungen, wie sie in Urkunden und Handschriften besonders des Mittelalters gebräuchlich sind, dargestellt in über 16 000 Zeichen, nebst einer Abhandlung über die mittelalterliche Kurzschrift, einer Zusammenstellung epigraphischer Sigel der alten römischen und arabischen Zählung und der Zeichen für Münzen, Maße und Gewichte von Adriano Cappelli. 1901. 7 Mark 50 Pf.

Ackerbau, praktischer. Von Wilhelm Hamm. Dritte Auflage, gänzlich umgearbeitet von A. G. Schmitter. Mit 138 Abbildungen. 1890. 3 Mark.

Agrikulturchemie. Von Dr. Max Passon. Siebente Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1901. 3 Mark 50 Pf.

Akustik s. Physik.

Alabasterschlägerei s. Liebhaberkünste.

Algebra. Von Richard Schurig. Fünfte Auflage. 1903. 3 Mark.

Algebraische Analysis von Franz Bendt. Mit 6 Abbildungen. 1901. 2 Mark 50 Pf.

Anstandslehre s. Ästhetische Bildung und Ton, der gute.

Appretur s. Chemische Technologie und Spinnerei.

Arbeiterversicherung s. Invaliden-, Kranken- bez. Unfallversicherung.

Archäologie. Übersicht über die Entwickelung der Kunst bei den Völkern des Altertums von Dr. Ernst Kroker. Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 3 Tafeln und 133 Abbildungen. 1900. 3 Mark.

Archivkunde s. Registratur.

Arithmetik, praktische. Handbuch des Rechnens für Lehrende und Lernende. Vierte Auflage, vollständig neu bearbeitet von Ernst Riedel. 1901. 3 Mark 50 Pf.

Ästhetik. Belehrungen über die Wissenschaft vom Schönen und der Kunst von Robert Prölß. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 3 Mark.

Ästhetische Bildung des menschlichen Körpers. Lehrbuch zum Selbstunterricht für alle gebildeten Stände, insbesondere für Bühnenkünstler von Oskar Guttmann. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 98 Abbildungen. 1902. 4 Mark.

Astronomie. Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender von Dr. Hermann J. Klein. Neunte, vielfach verbesserte Auflage. Mit 3 Tafeln und 143 Abbildungen. 1900. 3 Mark 50 Pf.

Ätherische Öle s. Chemische Technologie.

Ätzen s. Liebhaberkünste.

Aufsatz, schriftlicher, s. Stilistik.

Auge, das, und seine Pflege im gesunden und kranken Zustande. Nebst einer Anweisung über Brillen. Dritte Auflage, bearbeitet von Dr. med. Paul Schröter. Mit 54 Abbildungen. 1887. 2 Mark 50 Pf.

Auswanderung. Kompaß für Auswanderer nach europäischen Ländern, Asien, Afrika, den deutschen Kolonien, Australien, Süd- und Zentralamerika, Mexiko, den Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada. Siebente Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Gustav Meinecke. Mit 4 Karten und einer Tafel. 1897. 2 Mark 50 Pf.

Bakterien. Von Professor Dr. W. Migula. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1903. 2 Mark 50 Pf.

Ballspiele s. Englische Kugel- und Ballspiele.

Bank- und Börsenwesen. Zweite Auflage, nach den neuesten Bestimmungen der Gesetzgebung umgearbeitet von Georg Schweitzer. 1902. 3 Mark 50 Pf.

Baukonstruktionslehre. Mit besonderer Berücksichtigung von Reparaturen und Umbauten. Von W. Lange. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 479 Abbildungen und 3 Tafeln. 1898. 4 Mark 50 Pf.

Bauschlosserei s. Schlosserei II.

Baustile, oder Lehre der architektonischen Stilarten von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart. Nebst einer Erklärung der im Werke vorkommenden Kunstausdrücke. Von Dr. Ed. Freiherrn von Sacken. Fünfzehnte Auflage. Mit 103 Abbildungen. 1903. 2 Mark.

Baustofflehre. Von Walter Lange. Mit 162 Abbildungen. 1898. 3 Mark 50 Pf.

Beleuchtung s. Chemische Technologie und Heizung.

Bergbaukunde. Von Professor Dr. G. Köhler. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 225 Abbildungen. 1903. 4 Mark.

Bergsteigen. Katechismus für Bergsteiger, Gebirgstouristen und Alpenreisende von Julius Meurer. Mit 22 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Bewegungsspiele für die deutsche Jugend. Von J. C. Lion und J. H. Wortmann. Mit 29 Abbildungen. 1891. 2 Mark.

Bienenkunde und Bienenzucht. Von G. Kirsten. Mit 51 Abbildungen. 1887. 2 Mark.

Bierbrauerei. Hilfsbüchlein für Brauereipraktiker und Studierende von M. Krandauer. Mit 42 Abbildungen. 1898. 4 Mark.

——— s. auch Chemische Technologie.

Bildhauerei für den kunstliebenden Laien. Von Rudolf Maison. Mit 63 Abbildungen. 1894. 3 Mark.

Bleicherei s. Chemische Technologie und Wäscherei usw.

Bleichsucht s. Blutarmut.

Blumenbinderei. Anleitung zur künstlerischen Zusammenstellung von Blumen und Pflanzen und zur Einrichtung und Führung einer Blumenhandlung. Von Willy Lange. Mit 31 Text- und 25 Tafeln Abbildungen. 1903. 3 Mark.

Blumenzucht s. Ziergärtnerei.

Blutarmut und Bleichsucht. Von Dr. med. Herm. Peters. Zweite Auflage. Mit zwei Tafeln kolorierter Abbildungen. 1885. 1 Mark 50 Pf.

Blutgefäße s. Herz.

Blutvergiftung s. Infektionskrankheiten.

Börsenwesen s. Bank- und Börsenwesen.

Bossieren s. Liebhaberkünste.

Botanik, allgemeine. Zweite Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Dr. E. Dennert. Mit 260 Abbildungen. 1897. 4 Mark.

Botanik, landwirtschaftliche. Von Karl Müller. Zweite Auflage, vollständig umgearbeitet von R. Herrmann. Mit 4 Tafeln und 48 Abbildungen. 1876. 2 Mark.

Brandmalerei s. Liebhaberkünste.

Brennerei s. Chemische Technologie.

Briefmarkenkunde und Briefmarkensammelwesen. Von V. Suppantschitsch. Mit 1 Porträt und 7 Textabbildungen. 1895. 3 Mark.

Bronzemalerei s. Liebhaberkünste.

Buchbinderei. Von Hans Bauer. Mit 97 Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Buchdruckerkunst. Siebente Auflage, neu bearbeitet von Johann Jakob Weber. Mit 139 Abbildungen. 1901. 4 Mark 50 Pf.

Buchführung (einfache und doppelte), **kaufmännische** von Oskar Klemich. Sechste, durchgesehene Auflage. Mit 7 Abbildungen und 3 Wechselformularen. 1902. 3 Mark.

Buchführung, landwirtschaftliche. Von Prof. Dr. K. Birnbaum. 1879. 2 Mark.

Bürgerliches Gesetzbuch s. Gesetzbuch.

Butterbereitung s. Chemische Technologie und Milchwirtschaft.

Chemie. Von Prof. Dr. H. Hirzel. Achte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 32 Abbildungen. 1901. 5 Mark.

Chemikalienkunde. Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. M. Pietsch. 1903. 3 Mark.

Chemische Technologie s. Technologie.

Cholera s. Infektionskrankheiten.

Choreographie s. Tanzkunst.

Chronologie. Mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten von Dr. Adolf Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. 1881. 1 Mark 50 Pf.

——— s. auch Urkundenlehre.

Citatenlexikon. Sammlung von Citaten, Sprichwörtern, sprichwörtlichen Redensarten und Sentenzen von Daniel Sanders. Mit dem Bildnis des Verfassers. 1899. Einfach gebunden 6 Mark, in Geschenkeinband 7 Mark.

Correspondance commerciale par J. Forest. D'après l'ouvrage de même nom en langue allemande par C. F. Findeisen. 1895. 3 Mark 50 Pf.

Dampfkessel, Dampfmaschinen und andere Wärmemotoren. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwartze. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 285 Abbildungen und 12 Tafeln. 1901. 5 Mark.

Dampfmaschinen s. Dampfkessel und Maschinenlehre.

Darmerkrankungen s. Magen usw.

Darwinismus. Von Dr. Otto Zacharias. Mit dem Porträt Darwins, 39 Abbildungen und 1 Tafel. 1892. 2 Mark 50 Pf.

Delftermalerei s. Liebhaberkünste.

Destillation, trockene s. Chemische Technologie.

Dichtkunst s. Poetik.

Differential- und Integralrechnung von Franz Bendt. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 39 Abbildungen. 1901. 3 Mark.

Diphtherie s. Infektionskrankheiten.

Diplomatik s. Urkundenlehre.

Dogmatik. Von Prof. Dr. Georg Runze. 1898. 4 Mark.

Drainierung und Entwässerung des Bodens. Von Dr. William Löbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 Abbildungen. 1881. 2 Mark.

Dramaturgie. Von Robert Prölß. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1899. 4 Mark.

Drechslerei von Chr. Hermann Walde und Hugo Knoppe. Mit 302 Abbildungen. 1903. 6 Mark.

Drogenkunde. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. M. Pietsch und A. Fuchs. 1900. 3 Mark.

Düngemittel, künstliche s. Chemische Technologie.

Dysenterie s. Infektionskrankheiten.

Einjährig-Freiwillige. Der Weg zum Einjährig-Freiwilligen und zum Offizier des Beurlaubtenstandes in Armee und Marine. Von Oberstleutnant z. D. Moritz Exner. Zweite Auflage. 1897. 2 Mark.

Eissegeln und **Eisspiele** s. Wintersport.

Elektrochemie. Von Dr. Walter Löb. Mit 43 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für Praktiker, Chemiker und Industrielle von Th. Schwartze. Siebente, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 280 Abbildungen. 1901. 5 Mark.

Entwässerung s. Drainierung.

Erd- und Straßenbau. Zum Gebrauche an technischen Lehranstalten sowie zum Selbststudium für Bauingenieure, Tiefbautechniker, Straßenmeister, Forstbeamte und Landwirte bearbeitet von Prof. Richard Krüger. Mit 200 Abbildungen. Unter der Presse.

Essigfabrikation s. Chemische Technologie.

Ethik. Von Friedrich Kirchner. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. 1898. 3 Mark.

Fahrkunst. Gründliche Unterweisung für Equipagenbesitzer und Kutscher über rationelle Behandlung und Dressur des Wagenpferdes, Anspannung und Fahren. Von Friedrich Hamelmann. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 21 Abbildungen. 1885. 4 Mark 50 Pf.

Familienhäuser für Stadt und Land als Fortsetzung von „Villen und kleine Familienhäuser". Von G. Aster. Mit 110 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 6 in den Text gedruckten Figuren. 1898. 5 Mark.

Farbenlehre. Von Ernst Berger. Mit 40 Abbildungen und 8 Farbentafeln. 1898. 4 Mark 50 Pf.

Färberei und Zeugdruck. Von Dr. Hermann Grothe. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 78 Abbildungen. 1885. 2 Mark 50 Pf.

Färberei s. auch Chemische Technologie.

Farbstofffabrikation s. Chemische Technologie.

Farbwarenkunde. Von Dr. G. Heppe. 1881. 2 Mark.

Fechtkunst s. Ästhetische Bildung, Hiebfechtschule und Stoßfechtschule.

Feldmesskunst. Von Dr. C. Pietsch. Siebente Auflage. Mit 75 in den Text gedruckten Abbildungen. 1903. 1 Mark 80 Pf.

Festigkeitslehre s. Statik.

Fette s. Chemische Technologie.

Feuerlösch- und Feuerwehrwesen. Von Rudolf Fried. Mit 217 Abbildungen. 1899. 4 Mark 50 Pf.

Feuerwerkerei s. Chemische Technologie und Lustfeuerwerkerei.

Fieber s. Infektionskrankheiten.

Finanzwissenschaft. Von Alois Bischof. Sechste, verbesserte Auflage. 1898. 2 Mark.

Fischzucht, künstliche, und Teichwirtschaft. Wirtschaftslehre der zahmen Fischerei von E. A. Schröder. Mit 52 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.

Flachsbau und Flachsbereitung. Von K. Sonntag. Mit 12 Abbildungen. 1872. 1 Mark 50 Pf.

Flecktyphus s. Infektionskrankheiten.

Flöte und Flötenspiel. Ein Lehrbuch für Flötenbläser von Maximilian Schwedler. Mit 22 Abbildungen und vielen Notenbeispielen. 1897. 2 Mark 50 Pf.

Forstbotanik. Von H. Fischbach. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 79 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.

Frau, das Buch der jungen. Von Dr. med. H. Burckhardt. Fünfte, verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark 50 Pf., in Geschenkeinband 3 Mark.

Frauenkrankheiten, ihre Entstehung und Verhütung. Von Dr. med. Wilhelm Huber. Vierte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1895. 4 Mark.

Freimaurerei. Von Dr. Willem Smitt Zweite, verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark.

Fremdwörter s. Wörterbuch, Deutsches.

Fuß s. Hand und Fuß.

Fußball s. Bewegungsspiele sowie Englische Kugel- und Ballspiele.

Galvanoplastik und Galvanostegie. Ein Handbuch für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt von G. Seelhorst. Dritte, durchgesehene und vermehrte Auflage von Dr. G. Langbein. Mit 43 Abbildungen. 1888. 2 Mark.

Gartenbau s. Nutz-, Zier-, Zimmergärtnerei, Obstverwertung und Rosenzucht.

Gasfabrikation s. Chemische Technologie.

Gebärdensprache s. Ästhetische Bildung und Mimik.

Geburt s. Frau, das Buch der jungen.

Gedächtniskunst oder Mnemotechnik. Von Hermann Kothe. Achte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. G. Pietsch. 1897. 1 Mark 50 Pf.

Geflügelzucht. Ein Merkbüchlein für Liebhaber, Züchter und Aussteller schönen Rassegeflügels von Bruno Dürigen. Mit 40 Abbildungen und 7 Tafeln. 1890. 4 Mark.

Geisteskrankheiten. Geschildert für gebildete Laien von Dr. med. Theobald Güntz. 1890. 2 Mark 50 Pf.

Geldschrankbau s. Schlosserei I.

Gemäldekunde. Von Dr. Th. v. Frimmel. Mit 28 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.

Gemüsebau s. Nutzgärtnerei.

Genickstarre s. Infektionskrankheiten.

Geographie. Von Karl Arenz. Fünfte Auflage, gänzlich umgearbeitet von Prof. Dr. Fr. Traumüller und Dr. O. Hahn. Mit 69 Abbildungen. 1899. 3 Mark 50 Pf.

Geographie, mathematische. Zweite Auflage, umgearbeitet und verbessert von Dr. Hermann J. Klein. Mit 113 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.

Geographische Verbreitung der Tiere s. Tiere usw.

Geologie. Von Professor Dr. Hippolyt Haas. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 186 Abbildungen und 1 Tafel. 1902. 3 Mark 50 Pf.

Geometrie, analytische. Von Dr. Max Friedrich. Zweite Auflage, durchgesehen und verbessert von Ernst Riedel. Mit 56 Abbildungen. 1900. 3 Mark.

Geometrie, darstellende s. Projektionslehre.

Geometrie, ebene und räumliche. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen und 2 Tabellen. 1892. 3 Mark.

Gerberei s. Chemische Technologie.

Gesangskunst. Von Ferdinand Sieber. Sechste Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1903. 2 Mark 50 Pf.

Gesangsorgane s. Gymnastik der Stimme.

Geschichte, allgemeine s. Weltgeschichte.

Geschichte, deutsche. Von Wilhelm Kentzler. 1879. 2 Mark 50 Pf.

Gesellschaft, menschliche s. Soziologie.

Gesetzbuch, Bürgerliches nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Gesetzgebung des Deutschen Reiches s. Reich, das Deutsche.

Gesteinskunde s. Petrographie.

Gesundheitslehre, naturgemäße, auf physiologischer Grundlage. Siebzehn Vorträge von Dr. Fr. Scholz. Mit 7 Abbildungen. 1884. 3 Mark 50 Pf.

Gewerbeordnung für das Deutsche Reich. Textausgabe mit Sachregister. 1901. 1 Mark 20 Pf.

Gicht und Rheumatismus. Von Dr. Arnold Pagenstecher. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 9 Abbildungen. 1903. 2 Mark.

Girowesen. Von Karl Berger. Mit 21 Formularen. 1881. 2 Mark.

Glasfabrikation s. Chemische Technologie.

Glasmalerei s. Porzellan- und Glasmalerei und Liebhaberkünste.

Glasradieren s. Liebhaberkünste.

Gobelinmalerei s. Liebhaberkünste.

Gravieren s. Liebhaberkünste.

Gymnastik, ästhetische und pädagogische s. Ästhetische Bildung.

Haare s. Haut, Haare, Nägel.

Hand und Fuß. Ihre Pflege, ihre Krankheiten und deren Verhütung nebst Heilung von Dr. med. Albu. Mit 30 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.

Handelsgesetzbuch für das Deutsche Reich nebst Einführungsgesetz. Textausgabe mit Sachregister. 1897. 2 Mark.

Handelsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Mit 66 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.

Handelsrecht, deutsches, nach dem Handelsgesetzbuch für das Deutsche Reich von Robert Fischer. Vierte, vollständig umgearbeitete Auflage. 1901. 2 Mark.

Handelswissenschaft auf volkswirtschaftlicher Grundlage. Siebente Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. Otto Goldberg. 1903. 3 Mark.

Haut, Haare, Nägel, ihre Pflege, ihre Krankheiten und deren Heilung nebst einem Anhang über Kosmetik von Dr. med. Schultz. Vierte Auflage, neu bearbeitet von Dr. med. Vollmer. Mit 42 Abbildungen. 1898. 2 Mark 50 Pf.

Heerwesen, deutsches. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Moritz Exner. Mit 7 Abbildungen. 1896. 3 Mark.

Heilgymnastik. Von Dr. med. H. A. Ramdohr. Mit 115 Abbildungen. 1893. 3 Mark 50 Pf.

Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Von Th. Schwartze. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 Abbildungen. 1897. 4 Mark.

Heizung s. auch Chemische Technologie.

Heraldik. Grundzüge der Wappenkunde von D. Ed. Freih. v. Sacken. Sechste Auflage, neu bearbeitet von Moriz v. Weittenhiller. Mit 238 Abbildungen. 1899. 2 Mark.

Herz, Blut- und Lymphgefäße. Von Dr. med. Paul Niemeyer. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 49 Abbildungen. 1890. 3 Mark.

Hiebfechtschule, deutsche, für Korb- und Glockenrapier. Eine kurze Anweisung zur Erlernung des an unseren deutschen Hochschulen gebräuchlichen Hiebfechtens. Herausgegeben vom Verein deutscher Universitätsfechtmeister. Zweite, Auflage. Mit 64 Abbildungen. 1901. 1 Mark 50 Pf.

Holzindustrie. Taschenbuch für Werkmeister, Betriebsleiter, Fabrikanten und Handwerker von Rudolf Stübling. Mit 112 Abbildungen. 1901. 6 Mark.

Holzmalerei, -schlägerei s. Liebhaberkünste.

Hornschlägerei s. Liebhaberkünste.

Hufbeschlag. Zum Selbstunterricht für jedermann. Von E. Th. Walther. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 Abbildungen. 1889. 1 Mark 50 Pf.

Hühnerzucht s. Geflügelzucht.

Hunderassen. Von Franz Krichler. Mit 42 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Hüttenkunde, allgemeine. Von Dr. E. F. Dürre. Mit 209 Abbildungen. 1877. 4 Mark 50 Pf.

Infektionskrankheiten. Von Dr. med. H. Dippe. 1896. 3 Mark.

Influenza s. Infektionskrankheiten.

Intarsiaschnitt s. Liebhaberkünste.

Integralrechnung s. Differential- und Integralrechnung.

Invalidenversicherung. Von Alfred Wengler. 1900. 2 Mark.

Jäger und Jagdfreunde von Franz Krichler. Zweite Auflage, durchgesehen von G. Knapp. Mit 67 Abbildungen. 1902. 3 Mark.

Kalenderkunde. Belehrungen über Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. Bruno Peter. 1901. 2 Mark.

——— s. auch Chronologie.

Kaliindustrie s. Chemische Technologie.

Käsebereitung s. Chemische Technologie und Milchwirtschaft.

Kehlkopf, der, im gesunden und erkrankten Zustande. Von Dr. med. C. L. Merkel. Zweite Auflage, bearbeitet von Sanitätsrat Dr. med. O. Heinze. Mit 33 Abbildungen. 1896. 3 Mark 50 Pf.

Kellerwirtschaft s. Weinbau.

Keramik s. Chemische Technologie.

Keramik, Geschichte der. Von Friedrich Jännicke. Mit Titelbild und 410 in den Text gedruckten Abbildungen. 1900. 10 Mark.

Kerbschnitt s. Liebhaberkünste.

Kerzen s. Chemische Technologie.

Keuchhusten s. Infektionskrankheiten.

Kind, das, und seine Pflege. Von Dr. med. L. Fürst. Fünfte, umgearbeitete und bereicherte Auflage. Mit 129 Abbildungen. 1897. 4 Mark 50 Pf., in Geschenkeinband 5 Mark.

Kindergarten, Einführung in die Theorie und Praxis des. Von Eleonore Heerwart. Mit 37 Abbildungen. 1901. 2 Mark 50 Pf.

Kirchengeschichte. Von Friedrich Kirchner. 1880. 2 Mark 50 Pf.

Klavierspiel. Von Fr. Taylor. Deutsche Ausgabe von Math. Stegmayer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1893. 2 Mark.

Klavierunterricht. Studien, Erfahrungen und Ratschläge von L. Köhler. Fünfte Auflage. 1880. 5 Mark.

Klempnerei von Franz Dreher. Erster Teil. Die Materialien, die Arbeitstechniken und die dabei zur Verwendung kommenden Werkzeuge, Maschinen und Einrichtungen. Mit 339 Abbildungen. 1902. 4 Mark 50 Pf.

—— Zweiter Teil. Die heutigen Arbeitsgebiete der Klempnerei. Mit 622 Abbildungen. 1902. 4 Mark 50 Pf.

Knabenhandarbeit. Ein Handbuch des erziehlichen Unterrichts von Dr. Woldemar Götze. Mit 69 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Kompositionslehre von Joh. Christ. Lobe. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage von Richard Hofmann. 1902. 3 Mark 50 Pf.

Korkarbeit s. Liebhaberkünste.

Korrespondenz, kaufmännische, von C. F. Findeisen. Sechste, vermehrte Auflage. Zum vierten Male bearbeitet von Franz Hahn. 1902. 2 Mark 50 Pf.

——— ——— in französischer Sprache s. Correspondance commerciale.

Kostümkunde. Von Wolfg. Quincke. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 459 Kostümfiguren in 152 Abbildungen. 1890. 4 Mark 50 Pf.

Krankenpflege im Hause. Von Dr. med. Paul Wagner. Mit 71 Abbildungen. 1890. 4 Mark.

Krankenversicherung. Von Alfred Wengler. 1898. 2 Mark.

Kricket s. Englische Kugel- und Ballspiele.

Kriegsmarine, deutsche. Von R. Dittmer. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit Titelbild und 174 Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Krocket s. Bewegungsspiele sowie Englische Kugel- und Ballspiele.

Krupp s. Infektionskrankheiten.

Kugel- und Ballspiele, englische. Ein Leitfaden für die deutschen Spieler von Franz Presinsky. Mit 105 Abbildungen. 1903. 3 Mark 50 Pf.

Kulturgeschichte von J. J. Honegger. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 2 Mark.

Kunstgeschichte. Von Bruno Bucher. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 276 Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Kurzschrift, mittelalterliche s. Abbreviaturenlexikon.

Lawn Tennis s. Bewegungsspiele sowie Englische Kugel- und Ballspiele.

Lederschnitt s. Liebhaberkünste.

Leimfabrikation s. Chemische Technologie.

Liebhaberkünste. Von Wanda Friedrich. Mit 250 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Literaturgeschichte, allgemeine. Von Dr. Ad. Stern. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1892. 3 Mark.

Literaturgeschichte, deutsche. Von Dr. Paul Möbius. Siebente, verbesserte Auflage von Dr. Gotthold Klee. 1896. 2 Mark.

Logarithmen. Von Prof. Max Meyer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 3 Tafeln und 7 in den Text gedruckten Abbildungen. 1898. 2 Mark 50 Pf.

Logik. Von Friedrich Kirchner. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 30 Abbildungen. 1900. 3 Mark.

Lunge. Ihre Pflege und Behandlung im gesunden und kranken Zustande. Von Dr. med. Paul Niemeyer. Neunte, umgearbeitete Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1900. 3 Mark.

Lungenentzündung und Lungenschwindsucht s. Infektionskrankheiten.

Lustfeuerwerkerei. Kurzer Lehrgang für die gründliche Ausbildung in allen Teilen der Pyrotechnik von G. A. von Nida. Mit 124 Abbildungen. 1883. 2 Mark.

Lymphgefäße s. Herz.

Magen und Darm, die Erkrankungen des. Für den Laien gemeinverständlich dargestellt von Dr. med. E. v. Sohlern. Mit 2 Abbildungen und 1 Tafel. 1895. 3 Mark 50 Pf.

Magnetismus s. Physik.

Malaria s. Infektionskrankheiten.

Malerei. Von Karl Raupp. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 50 Abbildungen und 4 Tafeln. 1898. 3 Mark.

——— s. auch Liebhaberkünste, Porzellan- und Glasmalerei.

Mandelentzündung s. Infektionskrankheiten.

Marine s. Handels- bez. Kriegsmarine.

Markscheidekunst. Von O. Brathuhn. Mit 174 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

Maschinen s. Dampfkessel.

Maschinenelemente von L. Otterdinger. Mit 595 Abbildungen. 1902. 6 Mark.

Maschinenlehre, allgemeine. Beschreibung der gebräuchlichsten Kraft- und Arbeitsmaschinen der verschiedenen Industriezweige. Von Th. Schwartze. Mit 327 Abbildungen. 1903. 6 Mark.

Masern s. Infektionskrankheiten.

Massage. Von Dr. med. Preller. Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage von Dr. med. Ralf Wichmann. Mit 89 Abbildungen. 1903. 3 Mark 50 Pf.

Mechanik von Ph. Huber. Siebente Auflage, den Fortschritten der Technik entsprechend bearbeitet von Professor Walter Lange. Mit 215 Abbildungen. 1902. 3 Mark 50 Pf.

Meereskunde, allgemeine. Von Johannes Walther. Mit 72 Abbildungen und einer Karte. 1893. 5 Mark.

Metallätzen, -schlagen, -treiben s. Liebhaberkünste.

Metallurgie. Von Dr. Th. Fischer. Mit 29 Abbildungen. 1904. 5 Mark.

Meteorologie. Von Prof. W. J. van Bebber. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 63 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Mikroskopie. Zweite Auflage. Unter der Presse.

Milch, künstliche s. Chemische Technologie.

Milchwirtschaft. Von Dr. Eugen Werner. Mit 23 Abbildungen. 1884. 3 Mark.

Milzbrand s. Infektionskrankheiten.

Mimik und Gebärdensprache. Von Karl Skraup. Mit 60 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.

Mineralogie von Eugen Hussak. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen. 1901. 3 Mark.

Mumps s. Infektionskrankheiten.

Münzkunde. Von H. Dannenberg. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 11 Tafeln Abbildungen. 1899. 4 Mark.

Musik. Von J. C. Lobe. Siebenundzwanzigste Auflage. 1900. 1 Mark 50 Pf.

Musikgeschichte. Von R. Musiol. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 15 Abbildungen und 34 Notenbeispielen. 1888. 2 Mark 50 Pf.

Musikinstrumente, ihre Beschreibung und Verwendung von Richard Hofmann. Sechste, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 205 Abbildungen und zahlreichen Notenbeispielen. 1903. 4 Mark.

Musterschutz s. Patentwesen.

Mythologie. Von Dr. E. Kroker. Mit 73 Abbildungen. 1891. 4 Mark.

Nägel s. Haut, Haare, Nägel.

Nagelarbeit s. Liebhaberkünste.

Naturlehre. Erklärung der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens von Dr. C. E. Brewer. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 53 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Nervosität. Von Dr. med. Paul Möbius. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1885. 2 Mark 50 Pf.

Nierensystem s. Herz.

Nivellierkunst. Von Prof. Dr. C. Pietsch. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Mit 61 Abbildungen. 1900. 2 Mark.

Numismatik s. Münzkunde.

Nutzgärtnerei. Grundzüge des Gemüse- und Obstbaues von Hermann Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten umgearbeitet von J. Wesselhöft. Mit 63 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.

Obstbau s. Nutzgärtnerei.

Obstverwertung. Anleitung zur Behandlung und Aufbewahrung des frischen Obstes, zum Dörren, Einkochen Einmachen, sowie zur Wein-, Likör-, Branntwein- und Essigbereitung aus den verschiedensten Obst- und Beerenarten von Johannes Wesselhöft. Mit 45 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Ohr. Von Dr. med. Richard Hagen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 45 Abbildungen. 1883. 2 Mark 50 Pf.

Öle s. Chemische Technologie.

Optik s. Physik.

Orden s. Ritter- und Verdienstorden.

Orgel. Erklärung ihrer Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel von C. F. Richter. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Hans Menzel. Mit 25 Abbildungen. 1896. 3 Mark.

Ornamentik. Leitfaden über die Geschichte, Entwickelung und charakteristischen Formen der Verzierungsstile aller Zeiten von F. Kanitz. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 137 Abbildungen. 1902. 2 Mark 50 Pf.

Pädagogik. Von Friedrich Kirchner. 1890. 2 Mark.

Pädagogik, Geschichte der. Von Friedrich Kirchner. 1899. 3 Mark.

Paläographie s. Urkundenlehre.

Paläontologie s. Versteinerungskunde.

Patentwesen, Muster- und Warenzeichenschutz von Otto Sack. Mit 3 Abbildungen. 1897. 2 Mark 50 Pf.

Perspektive, angewandte. Nebst Erläuterungen über Schattenkonstruktion und Spiegelbilder von M. Kleiber. Dritte, durchgesehene Auflage. Mit 145 in den Text gedruckten und 7 Tafeln Abbildungen. 1900. 3 Mark.

Petrefaktenkunde s. Versteinerungskunde.

Petrographie. Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine von Dr. J. Blaas. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 86 Abbildungen. 1898. 3 Mark.

Pflanzen, die leuchtenden s. Tiere und Pflanzen usw.

Pflanzenmorphologie, vergleichende. Von Dr. E. Dennert. Mit über 600 Einzelbildern in 506 Figuren. 1894. 5 Mark.

Philosophie. Von J. H. v. Kirchmann. Vierte, durchgesehene Aufl. 1897. 3 Mark.

Philosophie, Geschichte der, von Thales bis zur Gegenwart. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 4 Mark.

Photographie. Anleitung zur Erzeugung photographischer Bilder von Dr. J. Schnauß. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.

Phrenologie. Von Dr. G. Scheve. Achte Auflage. Mit Titelbild und 18 Abbildungen. 1896. 2 Mark.

Physik. Von Prof. Dr. Julius Kollert. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 364 Abbildungen. 1903. 7 Mark.

Physik, Geschichte der. Von Dr. E. Gerland. Mit 72 Abbildungen. 1892. 4 Mark.

Physiologie des Menschen, als Grundlage einer naturgemäßen Gesundheitslehre. Von Dr. med. Friedrich Scholz. Mit 58 Abbildungen. 1883. 3 Mark.

Planetographie. Von Dr. O. Lohse. Mit 15 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.

Planimetrie mit einem Anhange über harmonische Teilung, Potenzlinien und das Berührungssystem des Apollonius von Ernst Riedel. Mit 190 Abbildungen. 1900. 4 Mark.

Pocken s. Infektionskrankheiten.

Poetik, deutsche. Von Dr. Minckwitz. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark 50 Pf.

Porzellan- und Glasmalerei. Von Robert Ulke. Mit 77 Abbildungen. 1894. 3 Mark.

Projektionslehre. Mit einem Anhange, enthaltend die Elemente der Perspektive. Von Julius Hoch. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 121 Abbildungen. 1898. 2 Mark.

Psychologie. Von Fr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 3 Mark.

Pulverfabrikation s. Chemische Technologie.

Punzieren s. Liebhaberkünste.

Pyrotechnik s. Lustfeuerwerkerei.

Rachenbräune s. Infektionskrankheiten.

Radfahrsport. Von Dr. Karl Biesendahl. Mit 1 Titelbild und 104 Abbildungen. 1897. 3 Mark.

Raumberechnung. Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art von Dr. E. Pietsch. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 55 Abbildungen. 1898. 1 Mark 80 Pf.

Rebenkultur s. Weinbau.

Rechnen s. Arithmetik.

Rechnen, kaufmännisches. Von Robert Stern. Unter der Presse.

Redekunst. Anleitung zum mündlichen Vortrage von Roderich Benedix. Sechste Auflage. 1903. 1 Mark 50 Pf.

——— s. auch Vortrag, der mündliche.

Registratur- und Archivkunde. Handbuch für das Registratur- und Archivwesen bei den Reichs-, Hof-, Kirchen-, Schul- und Gemeindebehörden, den Rechtsanwälten usw., sowie bei den Staatsarchiven von Georg Holtzinger. Mit Beiträgen von Dr. Friedr. Leist. 1883. 3 Mark.

Reich, das Deutsche. Ein Unterrichtsbuch in den Grundsätzen des deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches von Dr. Wilh. Zeller. Zweite, vielfach umgearbeitete und erweiterte Auflage. 1880. 3 Mark.

Reinigung s. Wäscherei.

Reitkunst in ihrer Anwendung auf Campagne-, Militär- und Schulreiterei. Von Adolf Kästner. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 71 in den Text gedruckten und 2 Tafeln Abbildungen. 1892. 6 Mark.

Religionsphilosophie von Professor D. Dr. Georg Runze. 1901. 4 Mark.

Rheumatismus s. Gicht und Infektionskrankheiten.

Ritter- und Verdienstorden aller Kulturstaaten der Welt innerhalb des 19. Jahrhunderts. Auf Grund amtlicher und anderer zuverlässiger Quellen zusammengestellt von Maximilian Gritzner. Mit 760 Abbildungen. 1893. 9 Mark, in Pergamenteinband 12 Mark.

Rose s. Infektionskrankheiten.

Rosenzucht. Vollständige Anleitung über Zucht, Behandlung und Verwendung der Rosen im Lande und in Töpfen von Hermann Jäger. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von P. Lampert. Mit 70 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.

Röteln s. Infektionskrankheiten.

Rotlauf s. Infektionskrankheiten.

Rotz s. Infektionskrankheiten.

Rückfallfieber s. Infektionskrankheiten.

Ruder- und Segelsport. Von Otto Gusti. Mit 66 Abbildungen und einer Karte. 1898. 4 Mark.

Ruhr s. Infektionskrankheiten.

Säugetiere, Vorfahren der in Europa. Von Albert Gaudry. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 40 Abbildungen. 1891. 3 Mark.

Schachspielkunst von K. S. Portius. Zwölfte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1901. 2 Mark 50 Pf.

Scharlach s. Infektionskrankheiten.

Schattenkonstruktion s. Perspektive.

Schlitten- und Schlittschuhsport s. Wintersport.

Schlosserei. Von Julius Hoch. Erster Teil (Beschläge, Schloßkonstruktionen und Geldschrankbau). Mit 250 Abbildungen. 1899. 6 Mark.

——— Zweiter Teil (Bauschlosserei). Mit 288 Abbildungen. 1899. 6 Mark.

——— Dritter Teil (Kunstschlosserei und Verschönerungsarbeiten des Eisens). Mit 201 Abbildungen. 1901. 4 Mark 50 Pf.

Schneeschuhsport s. Wintersport.

Schnitzerei s. Liebhaberkünste.

Schnupfen s. Infektionskrankheiten.

Schreibunterricht. Dritte Auflage, neu bearbeitet von Georg Funk. Mit 82 Figuren. 1893. 1 Mark 50 Pf.

Schwangerschaft s. Frau, das Buch der jungen.

Schwimmkunst. Von Martin Schwägerl. Zweite Auflage. Mit 111 Abbildungen. 1897. 2 Mark.

Schwindsucht s. Infektionskrankheiten.

Segelsport s. Ruder- und Segelsport.

Seifenfabrikation s. Chemische Technologie.

Selbsterziehung. Ein Wegweiser für die reifere Jugend von John Stuart Blackie. Deutsche autorisierte Ausgabe von Dr. Friedrich Kirchner. Dritte Auflage 1903. 2 Mark.

Sinne und Sinnesorgane der niederen Tiere. Von E. Jourdan. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 48 Abbildungen. 1891. 4 Mark.

Sittenlehre s. Ethik.

Skrofulose s. Infektionskrankheiten.

Sozialismus, moderner. Von Max Haushofer. 1896. 3 Mark.

Soziologie. Die Lehre von der Entstehung und Entwickelung der menschlichen Gesellschaft. Von Dr. Rudolf Eisler. 1903. 4 Mark.

Sphragistik s. Urkundenlehre.

Spiegelbilder s. Perspektive.

Spiele s. Bewegungsspiele sowie Englische Kugel- und Ballspiele.

Spinnerei, Weberei und Appretur. Vierte Auflage, vollständig neu bearbeitet von Niklas Reiser. Mit 348 Abbildungen. 1901. 6 Mark.

Spiritusbrennerei s. Chemische Technologie.

Spitzpocken s. Infektionskrankheiten.

Sprache und Sprachfehler des Kindes. Gesundheitslehre der Sprache für Eltern, Erzieher und Ärzte. Von Dr. med. Hermann Gutzmann. Mit 22 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.

Sprachlehre, deutsche. Von Dr. Konrad Michelsen. Vierte Auflage, herausgegeben von Friedrich Nedderich. 1898. 2 Mark 50 Pf.

Sprachorgane s. Gymnastik der Stimme.

Sprengstoffe s. Chemische Technologie.

Sprichwörter s. Citatenlexikon.

Staatsrecht s. Reich, das Deutsche.

Starrkrampf s. Infektionskrankheiten.

Statik. Mit gesonderter Berücksichtigung der zeichnerischen und rechnerischen Methoden von Walter Lange. Mit 284 Abbildungen. 1897. 4 Mark.

Steinätzen, -mosaik s. Liebhaberkünste.

Stenographie. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende der Stenographie im allgemeinen und des Systems von Gabelsberger im besonderen von Prof. H. Krieg. Dritte, vermehrte Auflage. 1900. 3 Mark.

Stereometrie. Mit einem Anhange über Kegelschnitte sowie über Maxima und Minima, begonnen von Richard Schurig, vollendet und einheitlich bearbeitet von Ernst Riedel. Mit 159 Abbildungen. 1898. 3 Mark 50 Pf.

Stile s. Baustile und Ornamentik.

Stilistik. Eine Anweisung zur Ausarbeitung schriftlicher Aufsätze von Dr. Konrad Michelsen. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage, herausgegeben von Friedrich Nedderich. 1898. 2 Mark 50 Pf.

Stimme, Gymnastik der, gestützt auf physiologische Gesetze. Eine Anweisung zum Selbstunterricht in der Übung und dem richtigen Gebrauche der Sprach- und Gesangsorgane von Oskar Guttmann. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 24 Abbildungen. 1902. 3 Mark 50 Pf.

Stoßfechtschule, deutsche, nach Kreußlerschen Grundsätzen. Zusammengestellt und herausgegeben vom Verein deutscher Fechtmeister. Mit 42 Abbildungen. 1892. 1 Mark 50 Pf.

Strahlenpilzkrankheit s. Infektionskrankheiten.

Straßenbau s. Erd- und Straßenbau.

Tanzkunst. Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende nebst einem Anhang über Choreographie von Bernhard Klemm. Siebente Auflage. Mit 83 Abbildungen und vielen musikalisch-rhythmischen Beispielen. 1901. 3 Mark.

Tanzkunst s. auch Ästhetische Bildung.

Taubenzucht s. Geflügelzucht.

Technologie, chemische. Unter Mitwirkung von P. Kersting, M. Horn, Th. Fischer, A. Junghahn und J. Pinnow herausgegeben von Paul Kersting und Max Horn. Erster Teil. Anorganische Verbindungen. Mit 70 Abbildungen. 1902. 5 Mark.

— — Zweiter Teil. Organische Verbindungen. Mit 82 Abbildungen. 1902. 5 Mark.

— — Dritter Teil siehe Hüttenkunde.

— — Vierter Teil siehe Metallurgie.

Technologie, mechanische. Zweite Auflage. Unter der Presse.

Teichwirtschaft s. Fischzucht.

Telegraphie, elektrische. Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 315 Abbildungen. 1882. 4 Mark.

Textilindustrie s. Spinnerei usw.

Tiere, geographische Verbreitung der. Von E. L. Trouessart. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 2 Karten. 1882. 4 Mark.

Tiere und Pflanzen, die leuchtenden. Von Henri Gadeau de Kerville. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 28 Abbildungen. 1893. 3 Mark.

Tierzucht, landwirtschaftliche. Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 Abbildungen. 1880. 2 Mark 50 Pf.

Tintenfabrikation s. Chemische Technologie.

Tollwut s. Infektionskrankheiten.

Ton, der gute, und die feine Sitte. Von Eufemia v. Adlersfeld geb. Gräfin Ballestrem. Dritte Auflage. 1899. 2 Mark.

——— s. auch Ästhetische Bildung.

Tonwarenindustrie s. Chemische Technologie.

Trichinenkrankheit s. Infektionskrankheiten.

Trichinenschau. Von F. W. Rüffert. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 52 Abbildungen. 1895. 1 Mark 80 Pf.

Trigonometrie. Von Franz Bendt. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 42 Figuren. 1901. 2 Mark.

Tuberkulose s. Infektionskrankheiten.

Turnkunst. Von Dr. M. Kloß. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 100 Abbildungen. 1887. 3 Mark.

Typhus s. Infektionskrankheiten.

Uhrmacherkunst von F. W. Rüffert. Vierte, vollständig neu bearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 252 Abbildungen und 5 Tabellen. 1901. 4 Mark.

Unfallversicherung. Von Alfred Wengler. 1898. 2 Mark.

Uniformkunde. Von Richard Knötel. Mit über 1000 Einzelfiguren auf 100 Tafeln, gezeichnet vom Verfasser. 1896. 6 Mark.

Unterleibsbrüche. Von D. med. Fr. Ravoth. Zweite Auflage. Mit 28 Abbildungen. 1880. 2 Mark 50 Pf.

Urkundenlehre. Diplomatik, Paläographie, Chronologie und Sphragistik von Dr. Fr. Leist. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 6 Tafeln Abbildungen. 1893. 4 Mark.

Ventilation s. Heizung.

Verfassung des Deutschen Reichs s. Reich, das Deutsche.

Versicherungswesen. Von Oskar Lemcke. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 40 Pf.

Verskunst, deutsche. Von Dr. Roderich Benedix. Dritte, durchgesehene und verbesserte Auflage. 1894. 1 Mark 50 Pf.

Versteinerungskunde (Petrefaktenkunde, Paläontologie). Eine Übersicht über die wichtigeren Formen des Tier- und des Pflanzenreiches der Vorwelt von Professor Dr. Hippolyt Haas. Zweite, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 234 Abbildungen und 1 Tafel. 1902. 3 Mark 50 Pf.

Villen und kleine Familienhäuser. Von Georg Aster. Mit 112 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 23 in den Text gedruckten Figuren. Neunte Auflage. 1902. 5 Mark.
(Fortsetzung dazu s. Familienhäuser für Stadt und Land.)

Violine und Violinspiel. Von Reinhold Jockisch. Mit 19 Abbildungen und zahlreichen Notenbeispielen. 1900. 2 Mark 50 Pf.

Vögel, der Bau der. Von William Marshall. Mit 229 Abbildungen. 1895. 7 Mark 50 Pf.

Völkerkunde. Von Dr. Heinrich Schurtz. Mit 67 Abbildungen. 1893. 4 Mark.

Völkerrecht. Von Dr. Albert Zorn. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. 1903. 4 Mark.

Volkswirtschaftslehre. Sechste Auflage. Unter der Presse.

Vortrag, der mündliche. Ein Lehrbuch für Schulen und zum Selbstunterricht von Roderich Benedix. Erster Teil. Die reine und deutliche Aussprache des Hochdeutschen. Neunte Auflage. 1902. 1 Mark 50 Pf.
— — Dritter Teil. Schönheit des Vortrages. Fünfte Auflage. 1901. 3 Mark 50 Pf.

Wappenkunde s. Heraldik.

Warenkunde. Von E. Schick. Sechste Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. M. Pietsch. 1899. 3 Mark 50 Pf.

Warenzeichenschutz s. Patentwesen.

Wärmemotoren s. Dampfkessel.

Wärmetechnologie s. Chemische Technologie.

Wäscherei, Reinigung und Bleicherei. Von Dr. Herm. Grothe. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1884. 2 Mark.
——— s. auch Chemische Technologie.

Wasserkur und ihre Anwendungsweise. Von Dr. med. E. Preller. Mit 38 Abbildungen. 1891. 3 Mark 50 Pf.

Wasserversorgung der Gebäude. Von Professor Walter Lange. Mit 282 Abbildungen. 1902. 3 Mark 50 Pf.

Weberei s. Spinnerei.

Wechselfieber s. Infektionskrankheiten.

Wechselrecht, allgemeines deutsches. Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen und ungarischen Wechselordnung und des eidgenössischen Wechsel- und Scheckgesetzes. Von Karl Arenz. Dritte, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. 1884. 2 Mark.

Weinbau, Rebenkultur und Weinbereitung. Von Fr. Jak. Dochnahl. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit einem Anhange: Die Kellerwirtschaft. Von A. v. Babo. Mit 55 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.

Weinbereitung s. Chemische Technologie.

Weltgeschichte, allgemeine. Von Dr. Theodor Flathe. Dritte Auflage. Mit 6 Stammtafeln und einer tabellarischen Übersicht. 1899. 3 Mark 50 Pf.

Windpocken s. Infektionskrankheiten.

Wintersport. Von Max Schneider. Mit 140 Abbildungen. 1894. 3 Mark.

Wochenbett s. Frau, das Buch der jungen.

Wörterbuch, deutsches. Wörterbuch der deutschen Schrift- und Umgangssprache sowie der wichtigsten Fremdwörter. Von Dr. J. H. Kaltschmidt, neu bearbeitet und vielfach ergänzt von Dr. Georg Lehnert. 1900. 7 Mark 50 Pf.

Zähne. Von Dr. med. H. Klencke. Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 38 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.

Zeugdruck s. Chemische Technologie und Färberei.

Ziegelfabrikation s. Chemische Technologie.

Ziegenpeter s. Infektionskrankheiten.

Ziergärtnerei. Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, sowie über Blumenzucht von H. Jäger. Sechste Auflage, nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten umgearbeitet von J. Wesselhöft. Mit 104 Abbildungen. 1901. 3 Mark 50 Pf.

Zimmergärtnerei. Von M. Lebl. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 89 Abbildungen. 1901. 3 Mark.

Zoologie. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Professor Dr. William Marshall. Mit 297 Abbildungen. 1901. 7 Mark 50 Pf.

Zuckerfabrikation s. Chemische Technologie.

Zündhölzerfabrikation s. Chemische Technologie.

Zündmittel s. Chemische Technologie.

Verzeichnisse mit Inhaltsangabe jedes einzelnen Bandes stehen unentgeltlich zur Verfügung.

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber in Leipzig

Reudnitzer Straße 1—7.

Oktober 1903.

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

14 DAY USE

RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED

This book is due on the last date stamped below, or on the date to which renewed.

Renewed books are subject to immediate recall.

Storage